LES

ARBRES

ÉTUDES

SUR LEUR STRUCTURE ET LEUR VÉGÉTATION

Bruxelles, Imp. F. Vromant, rue des Alexiens, 36.



E. Heyn gez. Ad. Neumann gest.

Eiche.

Chêne.

LES
ARBRES

ÉTUDES

SUR LEUR STRUCTURE ET LEUR VÉGÉTATION

par le

Dr H. SCHACHT

Professeur ordinaire à l'Université de Bonn

TRADUIT D'APRÈS LA DEUXIÈME ÉDITION ALLEMANDE

par

ÉDOUARD MORREN

Professeur à l'Université de Liége, etc., etc.

OUVRAGE PUBLIÉ

sous les auspices de feu M. le Bon Al. de Humboldt

Deuxième édition

AUGMENTÉE DE 10 GRAVURES SUR ACIER

Illustrée de plus de 205 gravures sur bois, ainsi que de 5 planches lithographiées représentant ensemble 550 sujets.

Paris
J. ROTHSCHILD
14, rue de Buci

Bruxelles
CHARLES MUQUARDT
même maison à Gand et à Leipzig

1864

Table des Planches

Planches lithographiées

PRÉFACE DE L'AUTEUR.

(SECONDE ÉDITION ALLEMANDE).

Le but et la division de cet ouvrage sont restés les mêmes que dans la première édition ; je puis donc me dispenser de m'étendre longuement sur cette publication. Je me bornerai à dire que j'ai introduit beaucoup de changements dans les détails, et plusieurs améliorations dans la forme extérieure. Je me suis efforcé d'écrire avec brièveté et précision, tout en restant intelligible pour tous, et j'ai laissé de côté tout ce qui m'a paru inutile. J'ai mis à profit, autant que le permettaient le but que j'avais en vue et l'espace dont je disposais, les nouvelles découvertes de la science et les observations les plus récentes auxquelles je me suis livré. Il en est résulté des modifications essentielles et une augmentation considérable de la première édition de mon ouvrage sur *les Arbres,* et je puis présenter cette seconde édition, comme un traité complet de l'anatomie et de la physiologie des végétaux ligneux, notamment des arbres forestiers.

Depuis la publication de la première édition, j'ai continué à étudier avec une attention spéciale les espèces arborescentes qui composent nos bois ; j'ai pu faire de nouvelles observations, tant dans diverses parties de l'Allemagne que pendant un séjour de deux années à Madère et à Ténériffe. J'ai pu, en outre, puiser largement dans les trésors de

science que le professeur Ratzeburg a amassés pendant sa longue carrière.

Le nombre des figures a été beaucoup augmenté ; nous signalerons entre autres une soixantaine de belles gravures représentant le port des arbres forestiers et qui proviennent du *Waldbaum* de Klöbisch. Ces figures ont été dessinées par Eberhard et gravées par Kretzschmar. Quatre grandes planches gravées reproduisent de la manière la plus complète tous les détails de l'organisation des fleurs de nos arbres forestiers.

Pour faciliter les recherches, j'ai donné, indépendamment de la table alphabétique et du sommaire des chapitres, l'indication pour les arbres forestiers les plus importants, des pages où il est question de chacun de leurs organes, de leur structure et des diverses phases de leur végétation ; j'ai, en outre, rapproché les gravures sur bois et les figures lithographiées qui concernent chaque espèce.

Je désire que cette édition soit accueillie avec la même bienveillance et jugée avec autant de faveur que la première (qui a été traduite en russe, à Moscou, 1857). J'espère, qu'en raison des importantes améliorations que j'y ai introduites et de la forme attrayante que je me suis efforcé de lui donner, cet ouvrage trouvera de nombreux lecteurs, non-seulement parmi les botanistes et les forestiers, mais dans un cercle plus étendu, et puisse-t-il contribuer à la glorification de la nature, œuvre divine dont la richesse est incommensurable et la bonté éternelle.

Bonn, juin 1860.

Hermann SCHACHT.

PRÉFACE DU TRADUCTEUR.

L'ouvrage dont nous avons entrepris la traduction, ne peut avoir de meilleure introduction que les paroles suivantes, que Humboldt, le plus grand naturaliste du siècle, a bien voulu lui accorder : « Le nouvel ouvrage de mon ami Schacht, disait le Pline moderne, montre ce que l'on peut réaliser, quand une profonde sagacité et une infatigable activité s'unissent à l'usage le plus heureux du microscope et à un remarquable talent de dessinateur. Il me paraît réunir précisément les qualités nécessaires, non-seulement pour indiquer au savant des points de vue nouveaux d'anatomie et de physiologie végétales, mais aussi pour répandre parmi les hommes qui s'occupent d'agriculture et d'économie forestière les principes les plus clairs, les plus faciles à saisir, les mieux en rapport avec les besoins pratiques et même pour mettre des bornes aux prétentions du demi-savoir.

« On reconnaît dans ce livre l'œuvre d'un homme qu'un penchant particulier entraîne toujours vers les forêts de la libre nature. Attirer l'attention sur ce qui est utile, en comparant les formes végétales les plus élevées aux plus infimes, et en même temps exposer de la manière la plus rigoureuse les connaissances que la science a péniblement acquises, telles sont les qualités qui distinguent le travail qui vient de paraître de tous les autres que je connais, tant en allemand que dans

les autres langues. On y trouve tout ce qu'on peut désirer de détails sur l'anatomie la plus délicate, depuis les filaments reproducteurs des cryptogames, jusqu'à la formation du bois et les conditions de durée de la vie des arbres.

« Je souhaite, ajoutait Humboldt, que ce livre soit bientôt répandu non-seulement en Allemagne, mais aussi en Angleterre, en France et aux États-Unis. On manque, en effet, d'ouvrages, exposant en même temps que les bases de l'économie forestière, les principes de la nouvelle physiologie, connaissances nécessaires pour comprendre et utiliser les forces de la nature. »

Tout le monde sait que M. Schacht est au rang des premiers botanistes de l'Allemagne ; ses nombreux ouvrages, ses recherches d'anatomie végétale et surtout ses importantes découvertes sur les cellules et sur la fécondation des plantes lui ont acquis une réputation impérissable. Il est, en outre, très-estimé des forestiers; il s'est occupé avec une grande prédilection et avec un rare succès de l'étude des problèmes si difficiles que présentent la vie et la structure des arbres.

Nous considérons *les Arbres* comme un véritable traité de botanique, remarquable par la condensation des enseignements : il s'adresse à ceux qui sont déjà familiarisés avec les premiers rudiments de la science et qui en comprennent le langage. Ce n'est pas un livre didactique élémentaire, mais c'est plutôt une galerie formée de dix ou douze tableaux, représentant les grands phénomènes du règne végétal. Le talent du peintre est à la hauteur de l'élévation du sujet ; il y a autant à admirer dans l'ampleur de la composition que dans le fini des détails ; si les arbres occupent la plus grande place sur la toile, les autres végétaux, les herbes plus humbles et même les mousses et les lichens ne sont pas négligés. Les arbres de nos forêts sont au pre-

mier plan, mais ceux des autres contrées et même des zones tropicales ne sont pas exclus du cadre.

M. Schacht expose avec une grande autorité l'état actuel de la science. Il a, en outre, ajouté aux travaux de ses devanciers et de ses contemporains beaucoup d'observations nouvelles qui lui sont personnelles. Les théories les plus remarquables exposées dans *les Arbres* sont relatives à la piléorhize, aux tubes clathracés, à la circulation de la sève et à la fécondation des phanérogames. L'ouvrage tout entier se recommande surtout par le côté anatomique et par l'étude détaillée des principales essences forestières.

En présence de l'importance de cet ouvrage et de la haute valeur de son auteur, on comprendra l'hésitation que nous avons éprouvée avant d'en commencer la traduction. Nous avons cédé à de pressantes sollicitations et au désir de répandre un bon livre. Une traduction est toujours comme la copie d'une œuvre d'art; c'est une étude et non pas une œuvre d'inspiration, et quelque désir que l'on ait de se pénétrer de la pensée de son modèle, on n'y parvient jamais complétement. Moins que tout autre, la nôtre échappera à ces défauts, parce que nous nous reconnaissons peu propre à ce genre de travail : nous espérons que notre bonne volonté nous tiendra lieu de mérite. Il nous manquait, d'ailleurs, une qualité importante pour satisfaire à toutes les exigences, celle de forestier : mais nous n'avons rien négligé pour nous familiariser avec la sylviculture française et avec son langage technique; nous nous sommes efforcé de faire profiter le lecteur de cette étude en l'initiant petit-à-petit au langage des forêts. L'ouvrage de M. Schacht est pour cela le meilleur guide; les annotations et les tables dont nous l'avons fait suivre, compléteront son enseignement.

Nous devons des remercîments à quelques jeunes gens, MM. J. Bourdon, J. Ponson, Jones et Gustave Barlet, dont l'utile collaboration

nous a facilité le travail de notre traduction. M. Gustave Barlet surtout a bien voulu nous aider pour la confection des tables et la correction des épreuves.

Liége, le 15 septembre 1861.

Édouard MORREN.

SOMMAIRE DES MATIÈRES.



INTRODUCTION.

La Nature a mis une égale perfection dans chacune de ses œuvres, dans les plus petites comme dans les plus grandes. Les Mucédinées, ces infimes moisissures, sont dans leur manière d'être tout aussi admirables que le Chêne, car elles répondent au but qui leur a été assigné dans le plan de la nature. La loi qui les gouverne, loi fatale et immuable, est la même pour la Création entière.

Indépendamment du perfectionnement successif de chaque être, on doit reconnaître dans la Création une structure simple à la base qui se complique de plus en plus. La nature inanimée, le règne minéral, ne possède aucune organisation propre. La nature vivante, comprenant le règne végétal et le règne animal, est au contraire organisée, c'est-à-dire composée d'organes ; ceux-ci, à leur tour, sont composés de cellules ou bien ils en proviennent. Cette complication de structure, élève le règne organique au-dessus des corps inertes. Dans le règne animal et le règne végétal, plus simple est la structure, plus simple aussi est la fonction ; plus complexe est la structure, plus variée aussi est l'action des organes et plus la vie se montre perfectionnée. L'animal, pourvu d'organes de sensation, a une organisation plus élevée que la plante dont toute la vie repose uniquement sur l'action réciproque de cellules différentes les unes des autres. De même que les animaux, considérés dans leur ensemble, sont plus élevés que les plantes, de même, suivant le degré d'organisation, certaines plantes, certains animaux sont supérieurs à d'autres. Ce fait est la base fondamentale sur laquelle sont établis les systèmes naturels.

Les champignons, les lichens et les algues, formés de cellules d'une seule espèce, c'est-à-dire toutes semblables entre elles, n'ayant ni véritable tige, ni feuilles, ni racines, sont les plantes les plus inférieures. Les mousses et les hépatiques, pourvues d'une tige et de feuilles, mais sans véritable racine, ont déjà une organisation plus

élevée; enfin les fougères, les équisétacées, etc., possèdent une tige, des feuilles, des racines et un système vasculaire plus au moins développé, c'est-à-dire un système de cellules d'une forme déterminée, qui parcourt toutes les parties de la plante. Nous connaissons chez presque toutes les Cryptogames, même chez les algues, un appareil sexuel, c'est-à-dire des organes de deux ordres différents qui sont nécessaires pour produire un germe ; il n'y a plus que les champignons et les lichens dans lesquels l'on n'est pas encore certain qu'il existe une reproduction sexuelle. L'appareil générateur des Cryptogames peut, il est vrai, être à peine comparé, sous le rapport morphologique, à la fleur des phanérogames ; d'une structure beaucoup plus simple, il ne se laisse pas comme elle ramener à des organes axiles et appendiculaires ; mais au fond la fécondation n'est pas essentiellement différente. La structure du système vasculaire est déjà plus compliquée chez les monocotylédones (palmiers, graminées) et elle atteint son plus haut degré de développement dans le bois des arbres dicotylédones (chêne, hêtre, etc.). De plus, la fleur des phanérogames renferme toujours, soit ensemble, soit sur des pieds séparés, des étamines, qui produisent le pollen, et des ovules qui, après la fécondation, deviennent des graines. Les ovules sont protégés par une enveloppe spéciale, l'ovaire ; il n'y a d'exception que chez les conifères et les cycadées où l'ovule reste nu et sans aucune enveloppe. L'organisation de la fleur des conifères est donc plus simple que celle des monocotylédones, quoique la structure de leur partie ligneuse ait le plus grand rapport avec celle des dicotylédones.

Il résulte de ce rapide coup-d'œil que l'ensemble du règne végétal forme à peu près une série non interrompue passant du plus simple au plus composé, succession de degrés qui se remarque aussi, jusqu'à un certain point, dans le règne animal.

L'arbre, quelle que soit la grande division du règne végétal à laquelle il appartienne, est toujours une plante d'une organisation supérieure : il est caractérisé par un tronc surmonté d'une couronne. Le tronc vit plusieurs années. La couronne consiste soit en branches et en rameaux portant des feuilles (*cîme*) comme chez tous les arbres de nos climats, soit en une touffe de feuilles (*fronde*), comme chez la plupart des palmiers, des cycadées et des fougères arborescentes.

Le tronc de l'arbre peut continuer à s'élever en une tige puissante et principale, comme chez la plupart des conifères, ou bien il peut cesser, après un certain temps, de s'accroître en longueur, et dans

ce cas, la cîme prend ordinairement une plus grande extension relative, comme chez nos arbres fruitiers, chez le châtaignier, etc. Le tronc de nos arbres dicotylédones, de même que celui de quelques monocotylédones arborescentes (dracœna, pandanus et beaucoup de palmiers), devient chaque année plus épais, tandis que, pour la plupart des plantes monocotylédones, cela n'a lieu que pendant un certain temps. La croissance relative du tronc, des branches et des rameaux et la disposition des uns par rapport aux autres, sont les éléments essentiels de la physionomie, c'est-à-dire du port de l'arbre. De même que les branches et les rameaux s'étendent et puisent dans l'atmosphère la nourriture gazeuse à l'aide de leurs feuilles et des parties vertes de leur écorce, de même les racines fouillent la terre pour en extraire et pour absorber les principes nutritifs que l'arbre doit emprunter au sol.

Le tronc et la cîme distinguent l'arbre du buisson ou de l'arbrisseau, qui n'a pas de tige principale et par suite pas de cîme. Le bois des hautes futaies se compose d'arbres, et le bois taillis, d'arbustes. Ce sont souvent les mêmes plantes que l'aménagement de la forêt est seul venu modifier dans leur croissance. Le bois de haute futaie est, suivant l'essence qui le compose, abattu au bout de 80 à 140 ans, tandis que le taillis est coupé tous les 10 à 15 ans. Dans le premier cas, les souches, c'est-à-dire la base du tronc et ses racines, sont enlevées et une nouvelle plantation donne naissance à une nouvelle forêt; dans le second cas, au contraire, les souches restent dans le sol et les nouvelles branches qu'elles poussent produisent un nouveau bois. Ainsi le travail de l'homme, la culture, gouverne et domine ce qu'il y a de plus élevé dans le règne végétal, l'arbre; mais ce n'est pas par sa propre perfection qu'elle exerce cet empire, c'est plutôt en se conformant aux lois de la croissance de l'arbre lui-même.

Le problème le plus important de la science est la recherche de ces lois. La nature se plait à répondre lorsqu'on sait l'interroger.

Les couches profondes de notre globe recèlent de nombreux débris d'animaux et de végétaux, dont les espèces sont pour la plupart éteintes. De même que chaque être organisé parcourt sa période de développement et qu'une seule cellule produit un germe, qui devient peu à peu un arbre, de même la nature semble, du moins sur notre globe, s'être successivement développée avant d'atteindre le degré de perfectionnement qu'elle a de nos jours. Les plus an-

ciennes couches géologiques recèlent des vestiges des plantes et des animaux les plus inférieurs : on y a notamment découvert de grandes algues marines. Dans une période plus récente apparaissent des Cryptogames colossales, comme des fougères arborescentes, des calamites et des lépidodendrons (1). On trouve dans le schiste des houillères les plus magnifiques empreintes de feuilles de fougères souvent gigantesques. Viennent ensuite les conifères qui forment en grande partie notre lignite. Des palmiers se rencontrent aussi çà et là et semblent s'être développés en même temps ou un peu plus tard que les conifères. Nos arbres à feuilles membraneuses se montrent les derniers ; on en trouve rarement des traces dans le lignite ; mais on a rencontré, près d'Altembourg, une espèce de bouleau et, dans l'argile de Londres, des troncs de légumineuses arborescentes transformés en calcaire.

Comment ces diverses espèces de végétaux et d'animaux sont-elles apparues les unes après les autres dans les périodes géologiques? C'est là un point aussi obscur que la manière dont les éléments se sont rapprochés pour former la terre. Il existe sur cette question de nombreuses hypothèses auxquelles nous ne nous arrêterons pas. On discute encore en géologie, si les roches non sédimentaires, comme les granites, les basaltes, les porphyres, sont le résultat d'un soulèvement subit, ou bien si elles ont été élevées successivement par le noyau du globe qui est à l'état de fusion ignée ; on sait seulement que le globe a employé des milliards d'années pour arriver à son état actuel. Les puissants dépôts formés dans les eaux, les formations crétacées et les roches du calcaire conchylien en sont des preuves irrécusables.

Les conditions climatologiques et atmosphériques doivent avoir subi des changements pendant les diverses périodes du développement de notre globe. Les calamites et les lépidodendrons arborescents ont entièrement disparu de la nature vivante ; les fougères arborescentes et les cycadées n'habitent plus que les régions tropicales, et les palmiers ont cessé de croître spontanément dans nos pays (2). L'if devient chaque jour plus rare dans les forêts de l'Allemagne, tandis

(1) Le *Bothenbergia Holle beni,* découvert près de Saalfeld par M. Van Holleben, paraît, de même que les lépidodendrons, avoir été une lycopodiacée arborescente.

(2) C'est à peine si l'on peut considérer comme arbre le petit *Chamærops humilis* du Midi de l'Europe qui, entre Cadix et Ferez de la Frontera, par exemple, couvre et transforme de vastes plaines en une lande stérile.

qu'il est commun dans le lignite. Tous nos arbres actuels appartiennent à l'embranchement des dicotylédones. Ceux de la classe des conifères ont des fleurs unisexuelles, placées soit sur le même pied (Fig. 1), soit sur des pieds différents. Ils ont des ovules privés d'enveloppe propre ou ovaire et leur système ligneux ne possède pas de vaisseaux proprement dits. Nos arbres à feuilles caduques font pour la plupart partie de la classe des amentacées ou juliflores (Fig. 2),

Fig. 1.



Fig. 2.



dont les sexes sont séparés, les fleurs mâles et les fleurs femelles se trouvant soit sur la même plante, soit sur des pieds différents. Leurs fleurs mâles forment un châton, c'est-à-dire un épi pendant, et leur bois est formé comme chez toutes les dicotylédones proprement dites, de cellules ligneuses et vasculaires traversées par des rayons médullaires. A cette classe appartiennent le chêne, le hêtre, le châtaignier, le noyer, le noisetier, le charme, le bouleau, l'aulne, les saules, les peupliers, etc. A la division des plantes à fleurs complètes, c'est-à-dire n'ayant plus les sexes séparés, appartiennent le tilleul (Fig. 3), les érables, l'orme, le marronnier d'Inde,

Fig. 1. Cône de Mélèze (*Larix europæa*).
Fig. 2. Inflorescences mâle et femelle et fruits du Charme (*Carpinus betulus*).

de même que les arbres à fruits qui font partie de la classe des rosacées ou rosiflores, les acacias qui sont rangés parmi les papilionacées ou légumineuses; l'oranger qui appartient à la classe des hespéridées, etc., etc.

Fig. 3.



Quant au nombre des espèces, les tropiques sont infiniment plus riches que notre zône. Chaque forêt primitive renferme une foule d'arbres, d'espèces différentes et qui représentent presque toutes les divisions du règne végétal. Les fougères arborescentes, qui ne sont connues dans nos serres que depuis peu d'années, les palmiers, les dragoniers et les pandanées sont entremêlés à d'innombrables dicotylédones dont l'énumération serait fastidieuse sans être instructive. Déjà les forêts des régions voisines des tropiques, comme Madère et les Canaries (1), forêts composées d'arbres toujours verts, quoique n'appartenant pas aux conifères, présentent un aspect tout différent des nôtres. Un taillis atteignant jusqu'à 30 pieds de hauteur et formé par la Bruyère arborescente (*Erica arborea*) (Fig. 4) et un Myrtillier en arbre (*Vaccinium padifolium*), mêlés à plusieurs espèces d'ilex et d'où s'élèvent çà et là les hautes tiges des lauriers, couvre à Madère de grands espaces montagneux. Ce n'est que dans les vallées humides et ombragées qu'on y voit de véritables bois de haute futaie, composés des arbres les plus divers et présentant peu de taillis. Dans certaines régions montagneuses des Canaries, le grand Pin de ces îles forme avec un taillis élevé et épais une forêt majestueuse et presque impénétrable; à Caldera de Palma, le même Pin croît à côté du Dattier. Mais ces contrées n'ont pas les lianes ni les orchidées si odorantes et de formes si variées qui caractérisent la véritable forêt tropicale; chez nous c'est la ronce qui se glisse à travers le taillis empêchant le passage et les smilax ou les convol-

Fig. 3. Inflorescence du Tilleul (*Tilia grandiflora*).

---

(1) Schacht. Madeira und Tenerife. Berlin 1859.

vulacées grimpent jusqu'à la cîme des arbres. Dans les montagnes des Canaries ce sont les Cistes à fleurs rouges et blanches qui forment l'ornement des forêts et les régions basses de ces îles sont la patrie du dragonier et du dattier. Là, comme chez nous, les forêts avec leur ombrage familier me sont devenues chères; c'est dans la forêt même que j'ai étudié les arbres et c'est pourquoi je veux, en m'appuyant sur ces végétaux élevés, chercher à expliquer la structure et la vie des plantes. Puissé-je réussir à me rendre toujours intelligible pour mes lecteurs et à leur inspirer une partie de l'intérêt que cette étude a fait naître en moi!

Fig. 4.



Fig. 4. Une bruyère en arbre (*Erica arborea*) du Paül da Serra (4000 pieds au-dessus du niveau de la mer) sur la côte septentrionale de Madère. Cet arbre a 40 pieds de hauteur et le trônc a 6 1/2 pieds de circonférence.

I.

Structure intime et vie des végétaux.

Lorsque nous parcourons des regards la nature, si vaste et si riche, nous voyons des animaux et des plantes, des pierres et de la terre, de l'air et de l'eau. La division déjà ancienne des trois règnes naturels surgit vivement dans notre esprit. Mais, nous nous demandons alors par quoi se distinguent les trois règnes. Tout n'est-il pas soumis aux mêmes lois dans la création? La force chimique, les agents physiques n'agissent-ils pas sur tout ce qui existe?

En effet, les lois de la nature conservent constamment leur valeur, les forces naturelles agissent partout, mais elles le font rarement de la même manière; elles se contrebalancent et paraissent quelquefois se neutraliser l'une l'autre.

La chimie qui aujourd'hui alimente toutes les sciences naturelles, nous apprend qu'un corps se combine à un autre et que, par cette combinaison, les propriétés de chacun d'eux disparaissent ou du moins se modifient. L'acide perd ses propriétés acides aussitôt qu'on le combine avec un alcali, par exemple la potasse, ou avec une base terreuse telle que la chaux; l'alcali, de son côté, ne possède plus son caractère basique. Elle nous apprend aussi que dans toute combinaison, les corps constituants ne perdent que momentanément leurs propriétés : car, si l'on déplace l'acide par un autre acide plus énergique, ou l'alcali par une base plus puissante (on appelle base un corps qui, en s'unissant à un acide, forme un sel neutre), ils reparaissent avec toutes leurs qualités primitives. Les propriétés d'un corps quelconque sont donc inhérentes à la substance, à la matière; elles se modifient chaque fois que le corps change chimiquement de constitution. La nature

n'est pas régie seulement par la force chimique, mais par beaucoup d'autres forces encore.

Quant à nous, imparfaitement instruits, nous ne pouvons élucider, et encore d'une manière incomplète, qu'un petit nombre de phénomènes. Un champ immense et fécond, qui ne s'épuisera jamais, reste ouvert aux efforts de l'esprit humain qui pourra l'exploiter avec fruit jusqu'à ses limites.—Mais qui peut savoir jusqu'où s'étendent ces limites !

L'air que nous respirons est un mélange de deux gaz ; l'eau, tout aussi indispensable à notre existence, est une combinaison chimique. La roche, qui appartient incontestablement au règne minéral, tombe en efflorescence à sa surface, parce que l'atmosphère lui fait éprouver une altération chimique et détruit sa composition en formant au moyen des éléments qui la constituent, d'autres composés chimiques.

De même, l'atmosphère produit à chaque instant des transformations de substances dans notre corps en lui amenant de l'oxygène et en lui enlevant du carbone qui se dégage sous forme d'acide carbonique. Ce dernier, expiré par les animaux ou mis en liberté par la putréfaction, est la principale nourriture du règne végétal. Telle est la révolution qu'accomplissent, depuis des siècles, les corps de la nature, en changeant de propriétés suivant l'ordre de leur combinaison, mais en restant toutefois eux-mêmes pendant tout ce temps. Aucun nouvel atome ne se crée, aucun ne se perd ; et cependant nous voyons tous les jours surgir de nouveaux animaux et de nouvelles plantes, nous voyons apparaître de nouveaux nuages dans le ciel et tomber de nouvelles pluies sur la terre. Et si nous jetons nos regards d'un autre côté, alors se montre l'image de la mort qui, de sa main glacée, saisit, à toute heure, les hommes et les animaux. Les forêts se dépouillent de leur feuillage à l'entrée de l'hiver, les cadavres des animaux et les débris des plantes se décomposent : ils rendent à l'air, à l'eau et au sol les éléments qu'ils leur ont naguère empruntés.

Tous les animaux, toutes les plantes exhalent de la vapeur d'eau par une température chaude et sèche ; la surface des mers et des fleuves s'évapore également ; ce qui se condense en nuages, ce qui tombe en rosée, en pluie et en neige, s'élève d'abord, sous une autre forme, de la terre.

Le règne animal et le règne végétal, par opposition à la nature inanimée, ont été appelés le monde des êtres organisés. Par organe,

ou comprend un appareil formé de différentes parties. Or, les animaux et les plantes, tant inférieurs que supérieurs, se composent d'une ou de plusieurs cellules. La cellule elle-même est quelque chose de complexe, une sorte de petit sac qui consiste en une membrane solide et en un contenu, en partie liquide, différant de la première aux points de vue chimique et physique : c'est donc aussi un organe.

En dehors du règne animal et du règne végétal, on ne trouve pas de cellules. Pourquoi nomme-t-on le règne minéral règne inanimé, dans l'acception la plus large du mot? La vie est-elle donc inhérente à la cellule? — Il est certain que ce que nous appelons vie, n'a pas son siége seulement dans l'animal complet et dans la plante entière, mais appartient aussi à la cellule. Qu'est-ce donc, demande-t-on alors, que la vie? Qu'est-ce que la mort? — La vie est l'action simultanée et ramenée à l'unité de plusieurs forces; plusieurs d'entre elles nous sont encore inconnues. La mort est la fin de cette coopération et le commencement d'un jeu simple de la force chimique. Aussi longtemps que vit l'animal ou la plante, il existe, au moins dans une partie de la cellule, une transformation continuelle de substances; la force chimique agit différemment suivant la dissemblance des cellules, la composition des organes qui en sont constitués et leur action réciproque; elle anime et entretient aussi bien la plante que l'animal; mais elle est dépendante du conflit des organes, c'est-à-dire de leur action simultanée et coordonnée, et par conséquent, de la force qui en résulte; pour cette raison, la vie forme d'autres corps, ou organise les éléments, autrement qu'elle ne le ferait si elle avait seule le pouvoir absolu.

Dans une plante morte, où l'action réciproque des organes a cessé, il ne se forme plus une seule nouvelle cellule ni un seul nouveau grain de fécule; les quatre éléments, le carbone, l'azote, l'oxygène et l'hydrogène, dont les êtres organisés sont essentiellement constitués, se dégagent, au contraire, peu à peu, dans l'atmosphère, tandis que les corps non volatils, la chaux, la potasse, etc., retournent dans le sol, d'où ils ont été tirés.

On a désigné sous le nom d'éléments organiques le carbone, l'hydrogène, l'oxigène et l'azote, parce qu'ils forment les principes essentiels des êtres organisés, par opposition aux autres corps simples qui appartiennent pour la plupart à la nature inorganique. Ces quatre éléments se rencontrent dans toutes les cellules vivantes. L'albumine soluble, combinaison définie de l'azote avec les trois autres, semble

même être le principal agent de la vie ; si elle vient à se solidifier dans une cellule, la cellule meurt. L'albumine soluble est aussi indispensable ici que le ferment l'est dans la fermentation.

Puisque la vie, comme nous l'avons vu plus haut, est l'expression de l'action simultanée de plusieurs forces qui luttent les unes contre les autres et se contrebalancent réciproquement, on s'explique aisément pourquoi l'apparition de la vie, lors même que les corps ne changeraient pas, doit se manifester autrement que la mort ou ne peut se concevoir sans métamorphose des éléments.

La flamme accompagne certains phénomènes chimiques ; elle est une manifestation de force et elle doit avoir une cause. De même, les phénomènes vitaux sont les conséquences des changements continuels de l'organisme, qui ont lieu suivant des lois déterminées. La force de la vapeur, qui nous transporte avec la rapidité de la foudre sur les chemins de fer, n'est pas la vapeur elle-même, mais elle est unie à celle-ci, cette dernière se condense-t-elle en eau, sa puissance s'anéantit aussi.

La mise en liberté d'une force déterminée est un phénomène inhérent à tout changement dans la manière d'être des corps ; la combustion engendre la chaleur, tout acte chimique met de l'électricité en liberté.

Nous connaissons maintenant, quoique d'une manière encore assez imparfaite, les diverses causes chimiques et physiques qui agissent de concert chez la plante vivante et surtout chez les animaux vivants, et qui doivent, de toute nécessité, se contrebalancer réciproquement ; nous pouvons par conséquent étudier ces différentes forces agissant en commun, non plus seulement dans leur activité individuelle, mais nous pouvons encore observer leur effet collectif, la vie.

La vie ne dépend d'aucune force spéciale, d'aucune force vitale, elle est plutôt l'expression de l'action simultanée de plusieurs forces distinctes de la nature : celles-ci nous sont partiellement connues. Quant à la décomposition qui suit la mort, elle est due à une simple cause chimique.

La différence essentielle entre la nature organique et la nature inorganique consiste donc dans l'activité de la cellule. Le cadavre d'un animal et l'arbre mort sont inertes comme la pierre ; l'un et l'autre seront bientôt décomposés en leurs éléments primitifs. La pierre aussi se désagrégerait rapidement en ses parties élémentaires, si celles-ci consistaient presque exclusivement en éléments organiques.

comme c'est le cas chez l'animal et chez la plante. L'os, dont le tissu cellulaire contient une grande quantité de sels calcaires, résiste longtemps à la décomposition et les membranes siliceuses de certaines Diatomées (1) sont peut-être les plus anciens documents de la création. La manière dont se comportent les corps inertes, les plantes et les animaux morts, les pierres, etc., dépend donc simplement et uniquement des éléments qui les constituent. Plus la roche est compacte, plus difficile est sa désagrégation ; le bois se pourrit moins vite qu'un tissu végétal plus tendre. Partout la force chimique se manifeste d'une manière simple dans le domaine de la nature inorganique.

Toute vie dans la nature a donc son origine dans la cellule. Les semences (*spores*) des champignons, des lichens et des mousses, qui produisent, par germination, une nouvelle plante, sont des cellules. L'organe reproducteur des cryptogames et des phanérogames, fécondé par les filaments mobiles (*spermatozoïdes* ou *anthérozoïdes*), ou par le boyau pollinique est aussi une cellule. Ce spermatozoïde lui-même est contenu dans une cellule et le boyau pollinique n'est autre chose que la membrane interne du grain de pollen. Rappelons encore une fois que la plante, composée le plus souvent d'une foule de cellules différentes entre elles, provient de l'organe reproducteur fécondé. L'œuf de tous les animaux, y compris l'homme, se propageant par génération sexuelle, est une simple cellule. On peut donc avec raison considérer celle-ci comme l'organe fondamental de tous les êtres vivants.

La théorie relative à la cellule végétale, s'est complétée dans ces derniers temps, après d'incessants efforts. Cette importante question a surtout occupé Schleiden, H. Mohl, Nägeli, A. Braun, Hofmeister, Cohn et Pringsheim ; M. Schacht lui-même a contribué à l'établir. Nous savons actuellement que toutes les parties des plantes naissent de cellules et qu'elles conservent immuable, le plus souvent jusqu'à la mort, leur nature cellulaire ; que toutes les cellules, si différentes dans leur organisation et dans leurs fonctions, sont primitivement de la même nature et que leur diversité résulte de modifications successives ; de plus, que la cellule végétale se forme toujours dans

---

(1) Les Diatomées qui d'abord passaient pour des animaux, sont à présent considérées comme plantes par la plupart des observateurs. Ce sont des êtres microscopiques qui vivent dans l'eau, et dont les enveloppes siliceuses présentent des formes très-élégantes.

l'intérieur d'une cellule préexistante (cellule-mère), mais jamais dans l'intervalle laissé entre d'autres cellules. Nous connaissons deux modes de formation cellulaire : l'un, appelé la formation spontanée (ou *endogène*) par laquelle une ou plusieurs jeunes cellules se développent au-dedans d'une cellule-mère au moyen de son contenu et sans que celui-ci soit complétement absorbé, l'autre, la formation par division (ou *par cloisonnement*) en vertu de laquelle tout le contenu de la cellule-mère, dès le premier moment de la séparation, se partage en autant de parties qu'il y a de jeunes cellules naissantes. Dans le règne animal, où l'examen est plus difficile et l'organisation beaucoup plus compliquée, cette question n'est pas aussi avancée ; cependant la plupart des tissus sont ramenés à leurs cellules primitives et la division des cellules, semblable à celle du règne végétal, est pleinement démontrée.

Tous les animaux supérieurs sont pourvus d'un ou de plusieurs systèmes de circulation très-développés, consistant en canaux souvent ramifiés, dans lesquels circulent les liquides nourriciers, le sang et la lymphe. La plante manque, au contraire, de cette espèce de circulation ; les vaisseaux laticifères, qui appartiennent seulement à un petit nombre de végétaux, forment, dans quelques cas exceptionnels (chez le *Carica papaya* et les *Chicoracées*), un système de canaux remplis de sève, souvent ramifié et résultant de la fusion de nombreuses cellules, qui, uni à des faisceaux fibro-vasculaires, traverse la plante avec eux, sans que l'on observe toutefois un mouvement de circulation chez ces derniers. Les vaisseaux laticifères des Euphorbiacées et de la Chélidoine consistent en canaux allongés et ramifiés, qui résultent de la fusion de plusieurs cellules. Le courant de la sève au-dedans de la plante est donc d'une toute autre nature que chez l'animal ; une cause physiologique, c'est-à-dire la force vitale de la cellule produit seule, ici, l'échange de sève ; une cellule donne à une autre, par la voie de la diffusion, c'est-à-dire à travers ses parois, ce qui lui est nécessaire ; les cellules se soignent donc mutuellement. Cette espèce d'échange de liquide a été observée aussi dans le règne animal, mais dans des limites plus restreintes.

L'animal supérieur possède un appareil de digestion où il introduit sa nourriture, la triture, la décompose et en extrait les principes solubles pour rejeter ensuite ceux qu'il n'a pas employés. La plante manque de semblables organes : ses radicelles puisent dans le sol les substances dissoutes dans l'eau et ses feuilles empruntent à

l'atmosphère des gaz et des vapeurs. Chez elle, l'absorption des aliments ne se fait que par sa surface extérieure, et de même qu'elle ne peut les prendre qu'à l'état liquide ou gazeux, de même les parties qu'elle rejette se trouvent sous l'une de ces deux formes.

L'animal supérieur a un système nerveux qui représente à la fois le siége de la sensation et de l'intelligence ; il commande aux muscles et produit ainsi les mouvements. Son degré de perfectionnement indique le degré d'intelligence de l'animal. L'homme possède le système nerveux le mieux organisé et il est par conséquent l'animal le plus favorisé par la nature. Chez les végétaux, nous ne connaissons pas d'organes semblables aux nerfs et nous ne pouvons conséquemment parler ni de leurs sensations, ni de leurs mouvements spontanés. Si les plantes dites sensitives, par exemple le *Mimosa pudica,* semblent manifester de la sensibilité, en rapprochant leurs folioles lorsqu'on les touche, même le plus délicatement possible, c'est là un phénomène qui doit avoir une autre cause que la sensibilité, bien qu'elle nous soit, à la vérité, encore inconnue.

Les différences anatomiques et physiologiques sont donc profondes entre les régions supérieures des deux grands règnes. On ne confondrait plus avec une plante l'infusoire, être vivant et microscopique, doué des appareils de la digestion, de la circulation et du système nerveux. Mais, si, nous rapprochant de la limite, nous considérons les animaux et les plantes monocellulaires, la distinction en devient plus difficile ; car les points d'appui qui pourraient nous guider, nous font ici défaut. Les zoospores de certaines algues, dont l'histoire a été si bien élucidée par A. Braun, Thuret, Cohn et Pringsheim, étant munis de cils vibratils, se meuvent dans l'eau comme les infusoires et restent immobiles dès qu'ils commencent à germer. Les anthérozoïdes, filaments mobiles, enroulés en spirale et contenus dans maints organes des cryptogames supérieures (mousses, fougères, équisétacées, etc.), tourbillonnent dans l'eau, d'une manière divertissante, tout comme les spermatozoaires du règne animal. La motilité, en apparence volontaire, n'est donc plus actuellement un caractère de l'animalité.

La cellulose, composé hydrocarboné constituant la paroi de la cellule végétale, qui est soluble dans l'acide sulfurique et inattaquable par la potasse caustique, était considérée naguère comme un signe caractéristique des plantes ; mais, depuis lors, l'existence de cette même cellulose a été constatée dans le manteau des Ascidies et des Tuniciers, ainsi que dans l'enveloppe charnue des Thetium et d'autres Spongiaires,

où elle se présente avec sa réaction caractéristique (l'iode et l'acide sulfurique lui donnent une coloration bleue). On doit donc abandonner cette différence. La contractilité (la faculté de se contracter et de s'étendre de nouveau) de la membrane animale, actuellement notre seule ancre de salut, n'est qu'une faible preuve ; la membrane de quelques zoospores, qui est azotée et qui se forme avant la membrane cellulaire, change aussi plus ou moins de forme à des intervalles très-courts (1).

Le savant doit en conscience reconnaître qu'il ne peut donner actuellement, d'une manière rigoureuse et valable pour tous les groupes, aucun caractère distinctif entre l'animal et la plante.

On ne saurait d'ailleurs faire un reproche à la science de ce que tant d'efforts ont abouti à ce résultat de trouver insuffisantes toutes les différences qu'elle a successivement admises, puis rejetées. L'histoire du développement nous conduira au but que nous poursuivons et avec d'autant plus de facilité que la voie a été frayée par V. Siebold et par Cohn.

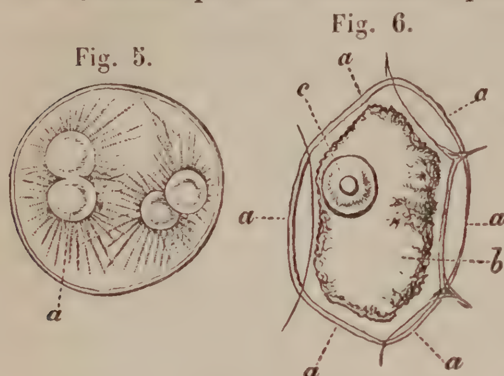
Après avoir examiné attentivement les différences essentielles entre les trois règnes de la nature, telles qu'elles se présentent dans l'état actuel de la science, revenons aux plantes, pour nous occuper d'abord de leurs cellules, que nous devons étudier à l'aide du microscope afin de les connaître avec exactitude.

On doit se représenter le type d'une cellule végétale comme une vésicule sphérique ou cylindrique (Fig. 5), qui, à l'état vivant, est remplie d'un liquide aqueux ; elle contient en outre plusieurs substances solides ou dissoutes dans le suc cellulaire, un cytoblaste, nucléus ou noyau cellulaire, corpuscule sphérique ou lenticulaire (Fig. 6), et enfin un mucilage azoté non miscible avec le suc de la cellule (le protoplasma). La majeure partie de ce mucilage est accumulée à la périphérie de la cellule et dans le voisinage du cytoblaste; sa couche extérieure, plus condensée (membrane muqueuse du mucilage azoté), est fortement accolée contre la paroi cellulaire solide. La paroi cellu-

---

(1) Nos observations et nos études nous ont donné la même conviction que celle qui vient d'être exprimée par M. Schacht. *On ne connaît* à la limite des deux règnes aucun caractère organique ou anatomique qui distingue les plantes des animaux : la différence est purement physiologique et elle consiste dans la faculté, que le végétal possède en propre, d'organiser la matière inorganique. La transformation des composés inorganiques en substances organiques est, dans le système de la nature, la fonction du règne végétal : depuis le chêne jusqu'à l'hydrophyte monocellulaire le plus simple, toutes les plantes ont ce pouvoir, à l'exclusion de tous les autres êtres de la nature. (*Note du traducteur.*)

laire est en général formée de plusieurs couches composées d'une substance non azotée, la cellulose, reconnaissable à ce que l'iode et l'acide sulfurique lui donnent, dans la plupart des cas, une coloration bleue. La couche la plus extérieure ou membrane primaire, qui, à l'origine, n'est jamais percée de trous, paraît être la plus ancienne; les membranes suivantes, au contraire, qui sont les couches d'épaississement, sont amincies à certaines places ou présentent des trous; elles se forment l'une après l'autre, et de telle sorte que la plus interne représente la formation la plus récente. La membrane primaire et les couches d'épaississement de la cellule végétale proviennent, d'après Pringsheim, directement de la membrane muqueuse du protoplasme, qui, par cette transition, éprouve elle-même un changement chimique : dans l'opinion ancienne, cette membrane, que Hugo Mohl appelle l'utricule primordiale, n'est qu'une séparation partielle de la cellulose et amène ainsi la formation de la membrane primaire et des couches d'épaississement. La théorie de Pringsheim ne paraît plus conforme aux faits, d'autant plus qu'il n'est pas prouvé que l'utricule primordiale existe partout et toujours, et qu'on l'aperçoit seulement quand on a fait agir sur les tissus des sels solubles, des acides solubles, de l'alcool, etc.



La cellule est donc quelque chose d'autre que le cristal, qui est composé, à l'intérieur comme à l'extérieur, d'une matière homogène et dans lequel aucune réaction chimique ne peut avoir lieu. Dans la cellule, animale ou végétale, tant qu'il y a vie en elle, il se passe continuellement des phénomènes chimiques et physiques, en vertu desquels non-seulement la cellule croît, mais encore il se forme soit de nouvelles cellules soit des composés chimiques définis, constitués en partie régulièrement. Le cytoblaste, qui, selon toute probabilité est toujours azoté, et le protoplasme, paraissent jouer un rôle important dans les phénomènes vitaux de la cellule, rôle qui consiste gé-

(Fig. 5.) Une cellule-mère d'une spore d'*Anthoceros levis* (une hépatique foliacée). *a*. Cytoblaste au moment de sa division. De ce noyau partent des courants filamenteux du protoplasma qui se dirigent vers la circonférence de la cellule (grossie 400 fois).

Fig. 6. Une cellule de la racine de l'Orchis à odeur de bouc (*Loroglossum hircinum* Rich). *a*. Contour de la paroi de cette cellule composée de cellulose. *b*. La membrane muqueuse, légèrement contractée par l'alcool. *c*. Le cytoblaste (grossie 200 fois).

néralement dans la faculté de modifier facilement la composition des substances azotées. Ainsi, dans les cellules où la vitalité est active, nous voyons le protoplasme se mouvoir avec rapidité. Son mouvement consiste, soit en un simple courant dirigé dans un sens déterminé en suivant la paroi cellulaire et qui remonte d'un côté pour descendre de l'autre, comme dans les radicelles et dans d'autres cellules de plusieurs plantes aquatiques, telles que les *Hydrocharis, Valisneria, Nitella, Chara,* ainsi que dans de jeunes cellules de poils pourvues d'un cytoblaste (Fig. 7), soit en un système réticulé et très-compliqué de petits courants innombrables, qui se dirigent du courant principal, le long de la paroi cellulaire, jusqu'au cytoblaste, situé dans ce cas au centre de la cellule, et de là retournent encore vers la paroi.

Fig. 7.

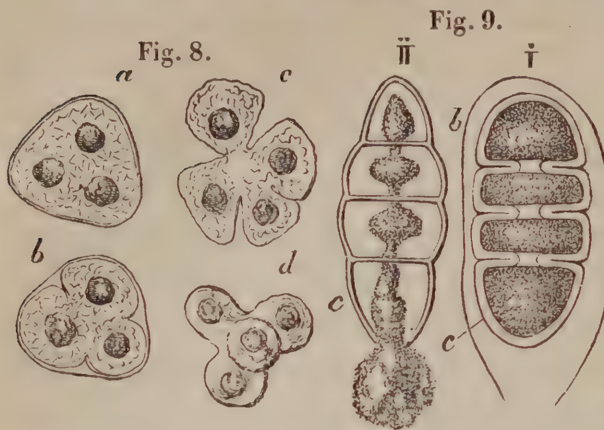


Cette circulation de la sève s'observe le plus facilement dans les poils des *Tradescantia*. Si plus tard elle se ralentit, le noyau central semble souvent suspendu comme à des fils d'araignée (Fig. 5). Le mouvement du protoplasme est plus rapide chez certaines plantes que chez d'autres, mais il ne paraît manquer à aucune cellule vivante : la chaleur et la lumière le favorisent.

La fécule, l'inuline, le gluten et la chlorophylle sont des substances solides inhérentes aux cellules végétales ; le sucre, la dextrine et plusieurs sels se trouvent en solution dans la sève, tandis que d'autres sels, difficilement solubles, se séparent sous forme cristalline ; des huiles grasses, des huiles essentielles, de la cire et de la résine sont aussi disséminées dans le suc de la cellule. La fécule, l'inuline, la dextrine et le sucre sont des hydrates de carbone, c'est-à-dire des composés du carbone avec de l'hydrogène et de l'oxygène dans les rapports pour former de l'eau ; les huiles et les résines sont des composés de carbone et d'hydrogène seulement, ou bien encore elles contiennent de l'oxygène, mais en quantité insuffisante pour former de l'eau ; enfin le gluten et la chlorophylle renferment de l'azote. Ces substances, élaborées par les cellules végétales, servent toutes plus ou moins de réserve alimentaire aux plantes, puisque plus tard elles sont modifiées de manière à servir à la nutrition. Les cristaux qu'on trouve dans les cellules, consistent principalement en une base inorganique, chaux ou magnésie, unie à un acide végétal.

Fig. 7. Poil du jeune ovaire d'une Onagre (*Œnothera muricata*); les flèches indiquent la direction du courant. (Grossi 200 fois.)

Lorsque de nouvelles cellules se forment, cela se passe toujours, comme nous l'avons déjà dit, dans l'intérieur d'autres cellules. La membrane muqueuse du protoplasme se divise, quand il y a multiplication de cellules, par un repli de sa circonférence, en deux, rarement en quatre parties (Fig. 8), de telle sorte que tout le contenu de la cellule-mère se partage en autant de portions qu'il naît de cellules-filles; chacune de ces dernières contient un noyau qui provient également de la division du cytoblaste de la cellule-mère. Pendant que ces transformations s'opèrent (Fig. 9), ou immédiatement après que la division est achevée, il se forme autour de chaque jeune cellule une membrane de cellulose, le plus souvent au moyen de la résorption de la paroi de la cellule-mère; enfin quand le tissu est continu, il s'ajoute à cela une substance intercellulaire qui fait adhérer les cellules les unes aux autres.



D'après ce que j'ai observé, il ne se forme jamais plus de quatre cellules, par division directe. Le plus souvent il se forme deux jeunes cellules; quelquefois celles-ci se divisent déjà avant même qu'elles ne possèdent une enveloppe de cellulose, mais ordinairement les quatre cellules-filles surgissent à la fois par une seule division directe du contenu cellulaire. Les cellules de tous les tissus proprement dits naissent de cette manière. Le mode suivant lequel la division s'est faite, leur donne la régularité qui leur est propre, et la forme individuelle de chaque cellule résulte du sens de la division. Toutes les cellules du bois, par exemple, sont allongées dès l'origine, parce qu'elles naissent par une séparation longitudinale d'une cellule-mère allongée.

Dans l'autre mode de formation des cellules, celui que nous avons

Fig. 8. Cellules-mères des spores du *Blasia pusilla* (hépatique foliacée). *a*. Avant la division du contenu cellulaire; *b*. au commencement; *c*. et *d*. le contenu isolé se partageant en quatre cellules-filles. La membrane de la cellule-mère est dans cet état soluble dans le chlorure de zinc. Chaque jeune cellule possède un cytoblaste. (Grossie 400 fois.)

Fig. 9. Sporanges d'une espèce d'algue appartenant probablement au genre Melobesia.

I. *a*. Sporange avec son contenu granuleux se présentant à l'état de division à moitié accomplie et qui, aussi loin que se montre l'étranglement, est entouré d'une membrane large, transparente, incolore; *b*. membrane interne du sporange.

II. Le contenu d'un autre sporange avec ses divisions, d'où se précipite, par l'influence endosmotique de l'eau, la partie interne granulée encore cohérente au milieu. (Grossi 400 fois.)

appelé formation spontanée, le contenu de la cellule-mère ne se divise point. Il se forme, dans l'intérieur et aux dépens du mucilage azoté de la cellule, un noyau qui se recouvre bientôt, probablement par la condensation graduelle du protoplasme, d'une membrane muqueuse, qui plus tard s'en sépare petit à petit tandis que le suc cellulaire circule entre elle et lui. Cette membrane entoure le noyau comme d'un sac membraneux et elle donne lieu, d'une manière normale, à la formation de la paroi de cellulose. Cette formation directe ou spontanée de cellules, différente de la multiplication, a une extension beaucoup plus restreinte. Ici une partie seulement du contenu de la cellule-mère sert à la formation de cellules-filles; la cellule-mère ne disparaît donc pas, elle persiste et nourrit ses cellules-filles. Le nombre de ces dernières est en principe indéfini; aussi trouve-t-on à l'intérieur d'une seule et même cellule-mère des jeunes cellules d'âge très-différent (Fig. 10).

Fig. 10.



Les cellules-mères de l'albumen du sac embryonnaire naissent, chez quelques phanérogames, par formation spontanée, mais ultérieurement les cellules ainsi développées se multiplient, de leur côté, par division. Les spores des champignons et des lichens se forment également de cette manière.

De même que, dans le règne végétal, nous ne connaissons pas de formation cellulaire en dehors de cellules préexistantes, de même nous n'avons pu recueillir nulle part un élément de génération spontanée (hétérogénie). Partout où nous voyons, même dans l'intérieur d'autres plantes, apparaître subitement des champignons ou peut-être des végétaux plus inférieurs encore, ils doivent avoir été produits par des semences, qui, comme on sait, conservent leur faculté de germer souvent pendant de longues années. Je suis pleinement convaincu, que les champignons que nous trouvons souvent dans l'intérieur d'autres plantes, y ont pénétré du dehors à travers la paroi cellulaire. Charles Vogt (1) a discuté avec beaucoup de sagacité les arguments et les objections concernant la génération spontanée, et il résulte de cette

Fig. 10. Sporidie (cellule-mère) des spores du Borrera ciliaris (lichen). *a. b. c.* Spores à divers états de développement (grossies 400 fois). Des filets (*paraphyses* ou *filaments sèveux*) cellulaires, entourent la sporidie.

(1) Bilder aus dem Thierleben. Frankfurt 1852.

critique que, ni dans le règne végétal ni dans le règne animal, l'hétérogénie ne repose sur aucune preuve. Elle n'est même pas admissible dans la philosophie des sciences, en ce qui concerne l'origine des animaux et des plantes. La science d'observation ne possède, jusqu'à présent, aucune donnée relativement au problème de l'origine des êtres vivants ; nous n'en savons radicalement rien et nous croyons bien faire par conséquent, en laissant passer, sans nous y arrêter, toutes les subtilités que cette question a soulevées.

Maintenant que nous avons examiné l'organisation et le mode de naissance de la cellule, occupons-nous de son développement et de ses fonctions. L'histoire de la formation de l'embryon végétal nous apprend que d'une cellule, par une division souvent réitérée, naît petit à petit un corps, qui, continuant à grandir, change aussi bien sa forme primitivement sphérique que sa structure intime. A une extrémité de cet embryon il apparaît un, deux ou plusieurs rudiments de feuilles, les COTYLÉDONS ou feuilles embryonnaires, entre lesquels se forme la PLUMULE, tandis que à l'autre bout pousse une petite racine, la RADICULE (Fig. 11) (1).

Aussitôt que les organes de l'embryon, qui ont chacun une fonction spéciale à remplir, se sont différenciés à l'extérieur, les cellules, à l'origine tout à fait identiques de forme et de contenu, deviennent d'une valeur différente. Il se présente notamment trois espèces de cellules : un tissu épidermique, constitué par une ou deux couches cellulaires ; un tissu nourricier, formé de cellules remplies de fécule ou d'autres substances, et un tissu de formation, dont les cellules sont plus minces et plus riches en substances azotées (2). La plumule (*p*) provient de ce dernier tissu ainsi que la partie de la radicule qui est destinée à s'accroître (*r*); de plus, il unit ces deux points extrêmes de

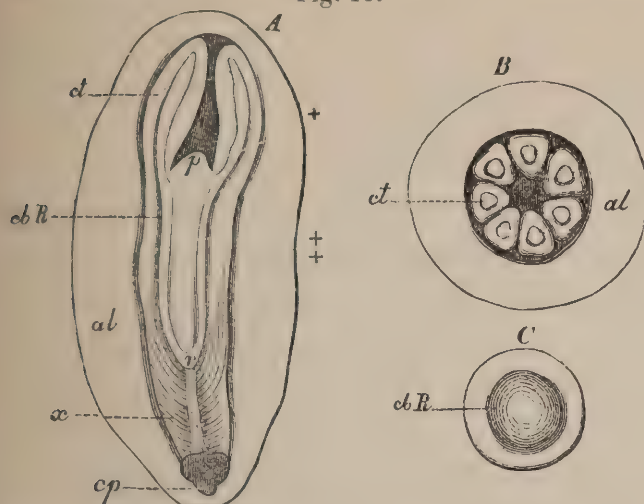
---

(1) M. Schacht distingue donc dans l'embryon, les cotylédons (*ct*), la radicule (*r*) et ce qu'il nomme, avec Link, la plumule (*p*) : il laisse ainsi indéterminée la partie comprise entre la radicule et la plumule (entre *p* et *r*). Plusieurs auteurs, et nous sommes de ce nombre, donnent encore au premier bourgeon, que M. Schacht nomme plumule, le nom de *gemmule,* et considèrent la partie comprise entre elle et la radicule, comme la tige de l'embryon ou *tigelle* (le premier mérithalle de l'embryon). (*Note du traducteur*).

(2) M. Schacht désigne les trois modifications fondamentales du tissu cellulaire par les termes de *Oberhautgewebe, Nahrungsgewebe et fortbildungsgewebe.* Ces noms, dans une traduction littérale, signifient respectivement : *tissu épidermique, tissu nourricier* et *tissu de formation ;* ils correspondent à ce que nous appelons en français, le *tissu subéreux,* le *parenchyme* et le *cambium.* Nous emploierons donc dans la suite indifféremment les premiers ou les derniers termes. (*Note du traducteur.*)

l'axe de l'embryon, qui ont la faculté de continuer à s'accroître, sous forme d'une zone cylindrique, l'anneau d'épaississement (*cbr*) (1), qui sépare l'intérieur de l'axe, la moëlle, de la partie extérieure, l'écorce.

Fig. 11.



Une ramification de ce tissu organisateur pénètre dans chaque cotylédon. La moëlle et l'écorce, séparées par la zone génératrice, sont formées d'un parenchyme, qui se distingue essentiellement des cellules épidermiques par son contenu et par la manière dont il se développe dans la suite.

On ne peut énoncer, pour aucune espèce de tissu, une règle générale concernant la forme des cellules. En effet, celle-ci reste invariable ou bien elle se modifie suivant que la membrane s'accroît uniformément ou non, et il résulte de là que l'on trouve dans presque tous les tissus des formes régulières et des formes irrégulières (Fig. 12). Le caractère essentiel des diverses espèces de cellules réside moins dans la forme que dans leur mode de vie.

La manière dont telle ou telle cellule s'épaissit, ne sert, pas plus que la forme, à indiquer à quelle classe elle appartient ; il y a des cellules parenchymateuses (cellules nourricières) à parois épaissies, d'autres à parois minces. La constitution chimique de la paroi ne change même pas absolument la fonction de la cellule : on connaît des cellules lignifiées, par exemple dans le bois de chêne, qui, de même que les

Fig. 11. Endosperme d'une graine mûre de pin (*Pinus sylvestris*). *A*. Coupe longitudinale dans son milieu ; *al*. Albumen ; *cbr*. zone génératrice ou couche d'épaississement ; *ct*. cotylédons ; *cp*. reste des corpuscules ; *r*. point végétatif de la racine rudimentaire ; *p*. point végétatif de la plumule.

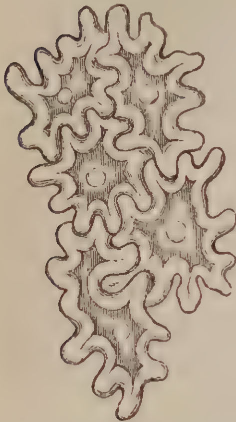
B. Coupe de l'embryon à la hauteur de A* ; *al*. et *ct*. comme ci-dessus.

C. Coupe de l'embryon à la hauteur de A** ; *cbr*. zone génératrice (grossi 50 fois).

---

(1) M. Schacht désigne cette zone formée par le tissu de formation (*fortbildungsgewebe*) sous le nom de *verdickungsring*, c'est-à-dire d'anneau d'épaississement. Elle correspond à ce que la botanique française appelle la *zone génératrice* ordinairement remplie de cambium. Nous considérons donc les expressions d'anneau d'épaississement et de zone génératrice comme synonymes. (*Note du traducteur.*)

cellules nourricières à parois minces et non lignifiées, produisent de la fécule. La nature ne souffre pas les séparations tranchées ; aussi tous nos systèmes, toutes nos classifications sont plus ou moins imparfaites.





Le mode de formation seul n'admet aucune exception : partout où il peut servir de base à la classification, on doit lui accorder la prééminence.

La cellule, dont la première enveloppe est toujours continue, grandit et s'épaissit par une autre formation de cellulose (couches d'apaississement), qui se sépare de la membrane muqueuse persistante ; cette formation donne quelquefois à la paroi de la cellule une épaisseur considérable. La cellulose, en formant ces couches, se dépose rarement, ou plutôt jamais, uniformément sur la première paroi, mais elle présente ordinairement des vides ou des intervalles plus ou moins grands. Ainsi se produisent les spirales (Fig. 13) et les réticulations épaissies de certaines parois cellulaires qui présentent souvent les dessins les plus gracieux. Les canaux poreux, c'est-à-dire les petites ouvertures dont sont percées les couches d'épaississement, se forment encore de la même manière. Ces canaux coïncident exactement d'une cellule à l'autre (Fig. 14. *b*), de telle sorte que les deux parois épaissies ne sont séparées au fond de chaque canal poreux que par la membrane cellulaire primitive qui n'a pas de solution de continuité. Mais les ponctuations se distinguent des canaux poreux en ce que chez elles la cloison, après s'être complétement formée, disparaît par résorption, de sorte qu'il se présente des trous dans la paroi cellulaire. On admettait jusqu'ici que l'espace lenticulaire qui se trouve entre les canaux poreux des deux parois cellulaires contiguës, est entouré d'une membrane et qu'il forme pour ainsi dire une petite cellule intermédiaire ; mais des recherches récentes m'ont prouvé que ce n'est pas le cas et que ce méat de la ponctuation (*tüpfelraum*) résulte de l'élargissement de la base des deux canaux poreux par la résorption du centre

Fig. 12. Cellules de la couche subéreuse (*périderme*) du Pin (grossies 200 fois). Ces cellules, irrégulièrement tabuliformes, proviennent de modifications successives de cellules primitivement ovales et laminiformes. L'épiderme développe souvent des cellules semblables, par exemple dans les feuilles de plusieurs Fougères, du Hêtre, etc.

Fig. 13. Cellule du cylindre ligneux du *Mamillaria stellaris* (famille des Cactées). Le cordon spiral s'enroule ici en forme de bandelette dans la cavité de la cellule (grossie 200 fois.)

de la cloison disjointe. Les ponctuations ne sont propres qu'au tissu vasculaire et aux cellules ligneuses (Fig. 15 et 16) qui tous les deux

Fig. 14.

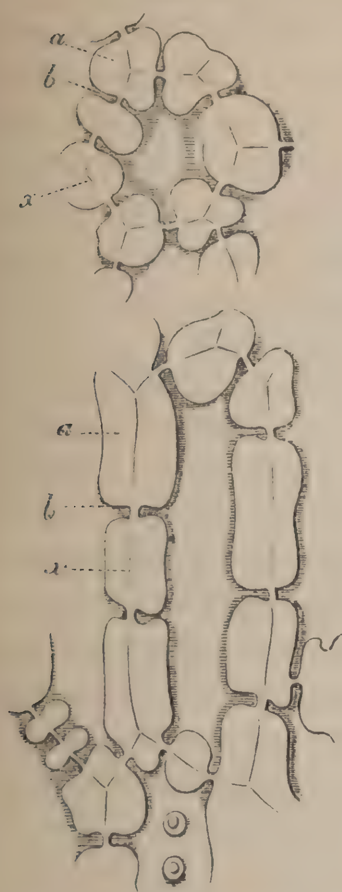


Fig. 15.

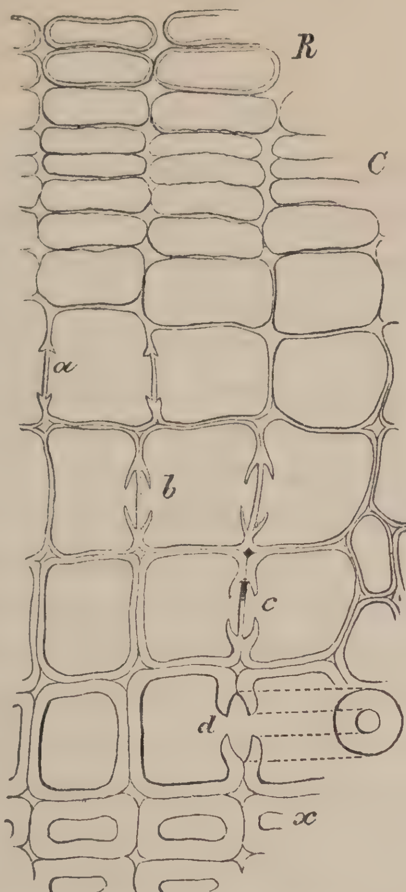
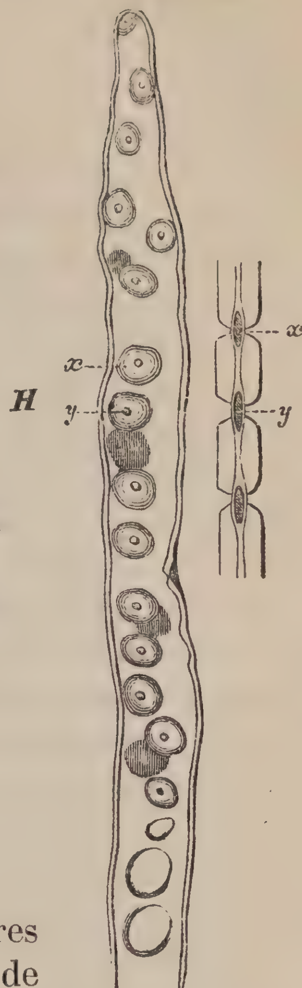


Fig. 16.



perdent leur sève de bonne heure ; toutes les autres espèces de cellules, au contraire, sont pourvues de

Fig. 14. Sections transversale et longitudinale des cellules de l'albumen d'une graine de Dattier. *a*. Couche d'épaississement de la paroi cellulaire ; *b*. Les canaux poreux ; *x*. plan de séparation des cellules contiguës (grossi 400 fois).

Fig. 15. Coupe transversale du bois de Pin, faite au printemps et représentant la série du développement des ponctuations. *R*. jeunes cellules de l'écorce ; *C*. le cambium ; *H*. le bois, dont les cellules sont d'autant plus développées qu'elles sont plus éloignées du cambium, comme on peut le voir autant par leur forme que par leur degré d'épaississement.

a. La ponctuation à son plus jeune état et *d*. la ponctuation complétement développée ; elle a déjà perdu sa cloison et se présente par conséquent comme un canal ouvert entre deux cellules. Les lignes pointillées qui, sur la figure, mènent d'une ponctuation vers deux cercles concentriques, désignent l'aspect de cette ponctuation vue par en haut, comme le représente encore la cellule ligneuse de la figure 16. Les cellules ligneuses, en *d*. sont achevées et ont déjà perdu leur sève ; *x*. la limite de l'anneau de l'année et du bois de l'automne des années précédentes (grossie 300 fois).

Fig. 16. *A*. Cellule ligneuse du Pin (grossie 200 fois) vue en partie et isolée ; *x*. méat de la ponctuation ; *y*. pore de la ponctuation vu d'en haut. *B*. Portion de deux cellules ligneuses dans une coupe longitudinale ; *x*. la ponctuation coupée transversalement avec son méat ; *y*. partie étroite du canal poreux, qui se dirige vers le méat. Celui-ci est représenté en *A*. par la circonférence intérieure, comme pore (*y*).

canaux poreux. L'échange du suc cellulaire se fait surtout au moyen de ces dernières.

La première paroi cellulaire formée, ainsi que les couches d'épaississement, consiste primitivement en cellulose. L'acide sulfurique concentré, et la solution de chlorate de potasse dans l'acide azotique dissolvent cette paroi cellulaire; la potasse caustique ne la dissout pas, mais elle la fait gonfler; l'iode et l'acide sulfurique la colorent, en général, en un beau bleu. Dans un grand nombre de cas, par exemple dans tous les tissus ligneux et vasculaires, ainsi que dans les cellules épidermiques et subéreuses, la constitution chimique de la paroi cellulaire se modifie; la cellulose disparaît petit à petit de la paroi et elle est remplacée par de la matière ligneuse ou subéreuse. Le ligneux (le xylogène) est difficilement soluble ou même insoluble dans l'acide sulfurique, mais il se dissout dans la potasse caustique ainsi que dans la solution du chlorate de potasse dans l'acide azotique (1); l'iode et l'acide sulfurique ne lui donnent pas de coloration bleue. Le xylogène produit la rigidité des cellules; il donne au bois sa consistance. Si l'on fait bouillir un morceau de ce dernier dans une solution de potasse caustique, le xylogène se sépare et la cellule ligneuse, auparavant dure, redevient souple. Les cellules libériennes du lin de la Nouvelle-Zélande sont résistantes à cause du xylogène qu'elles contiennent; si on les fait bouillir avec de la potasse caustique, elles deviennent fragiles comme du coton. La subérine est insoluble dans l'acide sulfurique; la potasse caustique la dissout; la solution du chlorate de potasse dans l'acide nitrique et, en général, les réactifs oxydants, la transforment en une substance d'apparence cireuse, soluble dans l'éther et dans l'alcool. La subérine, comme le ligneux, épaissit la paroi des cellules. On peut la séparer par l'ébullition avec la potasse caustique et ce qui reste, présente, mais à un faible degré, la réaction caractéristique de la cellulose (la coloration bleue par l'iode et l'acide sulfurique).

La cellulose de la couche subéreuse de l'écorce est souvent complétement absorbée. La subérine n'est peut-être qu'une modification du tissu ligneux, produite sous l'influence de l'air atmosphérique; elle ne se trouve qu'à la surface des plantes, dans les cellules de l'épiderme et dans le tissu cortical extérieur; le xylogène, au contraire, ne se rencontre que dans la paroi des cellules intérieures.

---

(1) Observations de Schulze.

La couche d'épaississement, la plus interne, la plus jeune de la paroi cellulaire, est constituée, pendant toute la vie de la cellule, toujours par de la cellulose pure, quand même toutes les anciennes couches sont lignifiées ou subérifiées. C'est au moyen de cette mince couche de cellulose, qui s'enfonce dans les canaux poreux et qui forme les points amincis de la paroi cellulaire, que se fait l'échange de sève entre les cellules, tandis que les parties lignifiées et subérifiées de la paroi cellulaire paraissent, au contraire, être imperméables aux liquides.

Les cellules sont dans les plantes associées en tissu au moyen d'un ciment ou matière agglutinante qui a été formée par la membrane résorbée de la cellule-mère et qui est appelée *substance intercellulaire.* Cette substance qui se présente rarement en grande quantité, se comporte au point de vue chimique autrement que la cellulose ; elle n'est presque jamais attaquée par l'acide sulfurique, mais elle est aisément soluble par l'ébullition avec la potasse caustique ou par le traitement du chlorate de potasse et de l'acide nitrique ; l'iode et l'acide sulfurique ne la colorent pas en bleu quand elle a atteint son état parfait de développement. Lorsqu'on chauffe un petit morceau de bois ou de quelque autre partie de la plante avec de la potasse caustique ou du chlorate de potasse et de l'acide nitrique, il se désagrège alors en cellules isolées ; la substance intercellulaire se sépare ici et l'on reconnaît la forme et la structure des cellules libres, jusque dans leurs moindres détails. Réciproquement, on peut aussi, pour le bois d'une Conifère par exemple, obtenir du tissu intercellulaire sous forme d'un réseau à mailles vides, en faisant dissoudre les cellules, tandis que la matière intercellulaire se conserve (Fig. 17).

Les parois des cellules qui composent un tissu, ne se touchent pas toujours de tous les côtés ; là où plusieurs cellules se rencontrent, il reste généralement entre leurs parois un espace que remplit soit la substance intercellulaire, dont nous avons parlé, soit de l'air, plus rarement un liquide. On l'a appelé ESPACE OU MÉAT INTERCELLULAIRE. De plus grandes cavités remplies d'air, par exemple dans les feuilles et les pétioles de la plupart des plantes aquatiques, sont appelées CAVITÉS INTERCELLULAIRES. Celles du pétiole de *Victoria* entre autres, forment des canaux aëriens arrondis. Les canaux résinifères de la feuille et de l'écorce des Conifères (Fig. 18) sont également des cavités intercellulaires.

La matière intercellulaire a beaucoup d'analogie avec la cuticule de l'épiderme qui, résistant à l'action de l'acide sulfurique, se détache

toujours des feuilles et des autres parties de la plante sous forme de membrane mince. Cette cuticule est une sécrétion durcie des cellules et elle est pour la majeure partie soluble dans la potasse caustique.

Fig. 17.

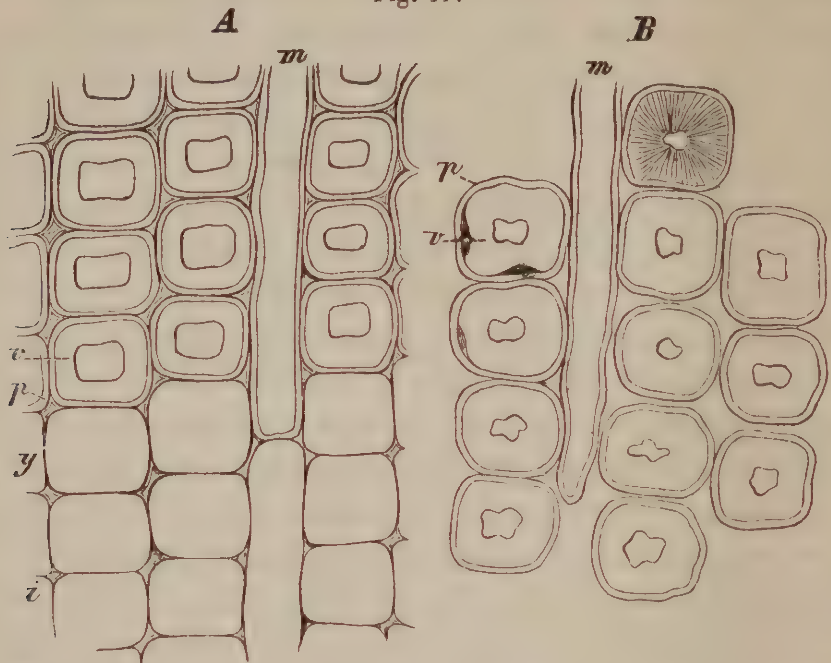


Fig. 18.



Il se forme au-dessous d'elle, chez un grand nombre de feuilles coriaces ainsi que dans l'épiderme des tiges, des couches d'épaississement quelquefois subéreuses, qui constituent les *couches cuticulaires* et qui manquent à l'épiderme des feuilles minces.

Nous appelons tissu toute réunion de cellules. Nous avons appris, dès la germination, à en distinguer trois espèces : le tissu de développement (*cambium*), le tissu nourricier (*parenchyme*) et le tissu épidermique (ou *subéreux*).

Fig 17. *A*. Coupe transversale très-mince du bois du *Pinus canariensis*; la moitié supérieure a subi pendant un petit temps l'action de l'acide nitrique, qui a coloré la substance intercellulaire (*i*) en jaune; la membrane primaire de la cellule ligneuse (*p*) se distingue nettement de ses couches d'épaississement (*v*). La moitié inférieure (*y*) au contraire, représente des cellules ligneuses traitées par l'acide sulfurique; la substance intercellulaire est restée à l'état de réseau vide; *m*. le rayon médullaire.

B. Une coupe transversale analogue; la substance intercellulaire a été détruite par un mélange d'acide nitrique et de chlorate de potasse, de manière que les cellules se trouvent disjointes l'une à côté de l'autre. Les couches d'épaississement se séparent elles-mêmes assez souvent de la membrane primaire de la cellule ligneuse; quand la coupe est suffisamment mince, on distingue les rayons qui traversent les couches d'épaississement (grossie 200 fois).

Fig. 18. Coupe transversale d'un canal résinifère de la feuille de Sapin du Nord.

Le tissu de développement sert avant tout, comme son nom l'indique, à la multiplication des cellules ; il se trouve aux deux extrémités, dans la zone génératrice et à la surface de l'embryon ; ses cellules, plus petites que celles du tissu nourricier, sont riches en substances azotées et en sucre ; l'acide sulfurique leur donne une coloration rosée. La tige et la racine s'allongent au moyen du tissu de développement qui se trouve aux extrémités de l'embryon ; les faisceaux avec leurs cellules vasculaires, ligneuses et libériennes se multiplient au moyen du cambium qui se trouve dans la zone génératrice et par suite la tige et la racine s'accroissent en épaisseur. Enfin, par le tissu de développement de la surface naissent l'épiderme, avec ses stomates et ses poils, et un peu plus tard la couche subéreuse.

Le tissu nourricier (le *parenchyme*) constitue dans l'embryon la moëlle et la plus grande partie de l'écorce ; il ne sert que dans des proportions limitées à la formation des cellules ; celles-ci plus grandes et plus pauvres en principes azotés, sont à cause de cela remplies de substances nutritives, telles que la fécule, l'inuline, le sucre, la dextrine, le gluten, la chlorophylle, les huiles grasses ou autres combinaisons hydrocarbonées. Ce tissu consomme en quelque sorte les éléments qu'il reçoit de l'air et du sol par l'intermédiaire du tissu épidermique et il fournit des principes carbonés au tissu de développement. Le tissu nourricier ne peut que développer ses propres cellules et il n'a jamais le pouvoir de former une cellule ligneuse ou vasculaire. Il constitue la moëlle, une des zones de l'écorce, ainsi que la majeure partie du tissu des feuilles ; il remplit, en général, toutes les cavités qui n'ont pas été occupées par les faisceaux vasculaires ou par le tissu épidermique et subéreux ; pour cette raison Schleiden l'a appelé tissu de remplissage (*füllgewebe*).

La fécule est renfermée dans le parenchyme de la pomme de terre (Fig. 19). Il en est de même de l'amidon du blé qui est associé à des principes plus profondément élaborés. Le sucre de la canne et de la betterave est aussi un des produits du tissu nourricier. Les faisceaux vasculaires qui passent à travers, dans la pomme de terre, et la couche subéreuse qui protége ces tubercules, ne contiennent pas un seul grain de fécule.

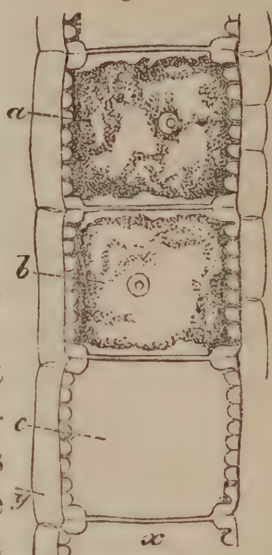
Le tissu de développement de la zone génératrice se sépare de bonne heure en groupes isolés. Ceux-ci, qui à l'origine se trouvent contre la moëlle, développent des cellules allongées, épaissies par un cordon

spiral et dont les cloisons transversales disparaissent plus tard en même temps que la sève (Fig. 20). C'est ainsi qu'une série de cellules se transforme en un tube rempli d'air, qui, dès lors, est considéré

Fig. 19.



Fig. 20.



comme un vaisseau (*trachée*). A côté de ces cellules, il s'en forme encore d'autres, également allongées, qui conservent leur sève pendant plus longtemps et dont la cloison n'est pas résorbée ; ce sont les cellules ligneuses (*fibres*). Leurs parois, ainsi que celles des vaisseaux, contiennent du xylogène. Du côté de l'écorce apparaissent aussi des cellules, également allongées, mais dont la paroi n'est pas en général lignifiée ; ce sont les cellules libériennes (*fibres corticales*). Entre les cellules vasculaires et ligneuses qui s'étendent contre la moëlle, et les cellules libériennes, qui sont réparties vers l'écorce, il y a, chez les dicotylédones, une portion de la zone génératrice qui reste comme couche de développement. C'est elle qui formera continuellement les nouveaux vaisseaux, les nouvelles cellules ligneuses et libériennes au moyen desquelles la tige et la racine persistantes s'accroissent. On appelle cambium cette portion de la zone génératrice, dont les cellules, toujours susceptibles d'un nouveau développement, restent minces et riches en principes azotés (Fig. 15).

La formation des vaisseaux, des cellules ligneuses et libériennes dans la zône génératrice, se fait par groupes, comme on peut s'en assurer sur une coupe transversale d'une plante en germination ou d'une jeune branche. Chaque groupe consiste, en général, dans les quatre espèces de cellules susdites (vaisseaux, cellules ligneuses et

Fig. 19. Coupe longitudinale d'une portion corticale de tubercule de pomme de terre. *a.* Tissu subéreux ; *b.* cellules avec leur noyau distinct sans grains de fécule ; *c.* le parenchyme proprement dit rempli de grains de fécule et tout à fait semblable à celui de la moëlle ; *d.* méat intercellulaire (grossie 50 fois).

Fig. 20. Coupe longitudinale d'un vaisseau de *Carica papaya,* chariant encore de la sève, réticulé, épais et ponctué. Dans les cellules *a.* et *b.* de ce vaisseau la membrane muqueuse s'est contractée et le noyau est très-visible ; *c.* cellule représentée sans contenu ; *x.* cloison de séparation composée de deux lames souvent distinctes ; *y.* cellules entourant le vaisseau (grossie 100 fois).

libériennes, cambium). Il s'y ajoute, quand les faisceaux appartiennent au système ligneux des arbres dicotylédones, une autre espèce, le parenchyme du bois, qui est intermédiaire en quelque sorte entre la cellule ligneuse ou fibre (1) et le tissu nourricier, et qui forme de la fécule et d'autres contenus de cellule. Dans les faisceaux de l'écorce on trouve, outre les éléments ordinaires que nous avons cités tantôt, les vaisseaux poreux ou cribriformes (*siebrôhre*) qui sont une modification des cellules libériennes que Hartig a découverte le premier, et le parenchyme du liber, une forme de cellule se rapprochant du parenchyme ordinaire de l'écorce. Un système composé de ces divers éléments est appelé *système vasculaire*, et on distingue, chez les dicotylédones, la partie située à l'intérieur de la zone génératrice, sous le nom de partie ligneuse, et la partie qui se trouve à l'extérieur de cette zone, sous le nom de partie libérienne du système. La première consiste, chez la plupart des arbres, en vaisseaux, en cellules ligneuses et en parenchyme du bois ; la seconde en vaisseaux poreux, en cellules libériennes et en parenchyme libérien. Les cellules qui séparent l'un de l'autre deux groupes voisins de faisceaux vasculaires, forment les RAYONS MÉDULLAIRES, ainsi nommés parce qu'ils s'étendent chez les dicotylédones en rayonnant depuis la moëlle jusqu'à la partie extérieure de l'écorce ; ils établissent ainsi une communication entre le parenchyme médullaire et celui de l'écorce ; leurs cellules contiennent de la fécule ou d'autres principes hydrocarbonés, qui manquent dans les vaisseaux.

Les vaisseaux des plantes sont formés d'une longue série de cellules dont chacune, aussi longtemps que le vaisseau contient de la sève, est pourvue d'un noyau et se comporte en véritable cellule. Mais plus tard la cloison très-mince qui sépare chacune de ces cellules disparaît en même temps que la sève, de sorte que d'une série de cellules résulte un tube rempli d'air, qui se subdivise en autant de pièces qu'il y a de cellules réunies pour sa formation (Fig. 20).

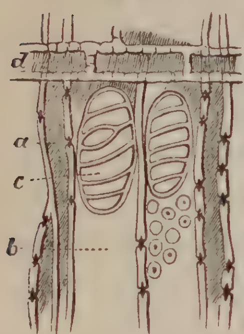
Quand la paroi des cellules vasculaires s'est épaissie par des dépôts en forme d'anneau, de spirale ou de réseau, on peut distinguer plusieurs espèces de vaisseaux, entre autres les vaisseaux annulaires, spiraux et réticulés. On trouve, en général, dans une seule et même plante toutes les formes et tous les passages de l'une à l'autre. Le vaisseau à pa-

---

(1) Le nom de fibre est souvent usité en français pour désigner la cellule ligneuse de même que celui de tissu fibreux pour tissu ligneux. (*Note du traducteur.*)

rois ponctuées est entre tous celui qui représente l'état de développement le plus élevé ; il se forme lorsque la partie dans laquelle il naît ne s'allonge plus et il appartient au bois de la plupart des arbres. Lorsque les ponctuations s'allongent et que les pores sont à peu près horizontaux, le vaisseau est alors désigné sous le nom de vaisseau scalariforme (dans les Fougères et le cep de Vigne) (Fig. 21). Le vaisseau spiral (*ou trachée*) et ses modifications se montrent partout ; ce sont les premières formations du système vasculaire d'un embryon et d'une jeune branche. Par suite de cette circonstance on trouve toujours des trachées chez les dicotylédones tout autour de la moëlle où elles forment ce qui a été appelé *l'étui médullaire*. Cet étui existe quand même de nouvelles trachées ne devraient plus se produire dans le bois. Le Tilleul, la Bourdaine, le Charme et quelques autres arbres possèdent des vaisseaux ponctués qui renferment en outre une bande spirale. La cellule ligneuse de l'If est pareillement ponctuée et pourvue d'une spirale.

Fig. 21.



La cellule ligneuse (*fibre*) est allongée dès son origine ; elle résulte d'une division longitudinale de la cellule de cambium et ne s'allonge qu'un peu, en se terminant en pointe aux deux extrémités ; sa paroi s'épaissit, se lignifie et ses couches d'épaississement présentent quelquefois une disposition spiraloïde. Les cellules ligneuses, dont la paroi, dans la plupart des plantes, est ponctuée, sont remplies de sève, comme les vaisseaux ; seulement dans leur jeunesse, elles ne forment jamais de nouvelles cellules et produisent beaucoup plus rarement encore (chose inconnue pour les vaisseaux) des principes de nutrition végétale ; dans ce dernier cas les canaux poreux sont transformés en ponctuations. Le bois de nos arbres à feuilles aciculaires n'est constitué que par des cellules ligneuses ou fibres et des rayons médullaires ; les vaisseaux y manquent complétement. Le parenchyme ligneux des arbres dicotylédons doit être considéré comme une formation de cellules au milieu de fibres toutes jeunes ; il se compose de cellules courtes, peu épaissies, qui renferment des substances riches en principes nutritifs et dont la paroi n'est jamais ponctuée. Les vaisseaux, les fibres et le parenchyme ligneux forment avec les cellules des rayons médullaires, sous la zone génératrice, le bois de nos arbres.

Fig. 21. Portion d'une coupe longitudinale et suivant un rayon, du bois de Noisetier (*Corylus avellana*). *a*. Cellule ligneuse ; *b*. cellule vasculaire ; *c*. cloison percée à jour et scalariforme ; *d*. cellules du rayon médullaire (grossie 100 fois).

Les cellules libériennes (*fibres corticales*) appartiennent de même au système vasculaire, et formées comme toutes les parties de celui-ci par le cambium, elles sont le plus souvent allongées et fortement épaissies, pourvues de canaux poreux très-minces et ne présentant jamais de véritables ponctuations ; leurs couches d'épaississement se déposent, en général, sous forme d'une bande spiraloïde élégante et la direction des endroits amincis varie très-souvent dans les différentes couches. Les cellules du liber, si elles ne se lignifient pas, transportent de la sève pendant toute leur vie. Le caoutchouc et les alcaloïdes se trouvent dans leur intérieur. Il n'y a qu'un pas entre les cellules libériennes qui transportent du latex (chez la Pervenche) et les vaisseaux laticifères proprement dits, qui se ramifient extrêmement, comme chez les Euphorbiacées et les Figuiers, ou qui forment même paraît-il chez le Carica et les Chicoracées, un système continu d'anastomoses nombreuses et entrelacées. Les vaisseaux laticifères, qui se trouvent dans un nombre relativement restreint de plantes, ont de l'analogie avec les cellules libériennes et ne sont à proprement parler qu'une variété de ces dernières ; ils proviennent de l'union ou plutôt de la fusion réciproque de plusieurs jeunes cellules. Quelquefois les cellules du liber deviennent très-longues et parsuite, comme en vertu de leur force et de leur élasticité, elles acquièrent alors une grande importance (les fibres ou cellules libériennes du Lin, du Chanvre et du Lin de la Nouvelle-Zélande.) (Fig. 22).

Les vaisseaux poreux sont caractérisés par la manière toute particulière dont s'épaississent leurs cloisons ; ils ne produisent pas de substances nutritives et, tandis que le parenchyme du liber en amasse, ils restent minces et ne se lignifient pas.

Les cellules du cambium sont, dans un faisceau vasculaire (Fig. 23), allongées et faiblement épaissies ; elles sont principalement destinées à former les cellules proprement dites et nouvelles des faisceaux vasculaires ; ceux-ci, dans leur plus tendre jeunesse, ne se composent que de cellules de cambium. Chez les dicotylédones, où l'activité de la zone génératrice est périodique, elles servent, en ce qui concerne les faisceaux, à un double but. Par leur moyen, le système vasculaire croît de chaque côté en épaisseur ; se présentant d'abord (dans une coupe transversale) sous la forme d'un petit groupe arrondi, il devient toujours plus grand et se fractionne parce qu'il naît dans son épaisseur de nouveaux rayons médullaires nommés rayons secondaires. Ceux-ci n'atteignent plus, comme les rayons médullaires primitifs, d'un côté

la moëlle et de l'autre la partie externe de l'écorce, mais ils s'arrêtent dans l'intérieur du bois (Fig. 24). Le cylindre ligneux et l'écorce secondaire résultent de ce mode de multiplication du système vasculaire.

Fig. 22.



Fig. 23.

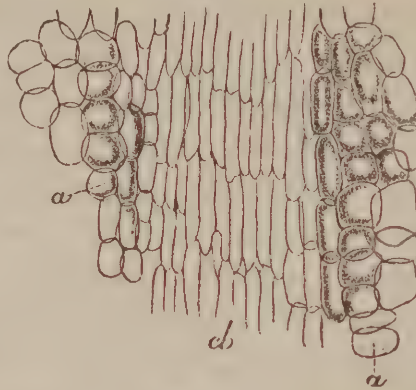
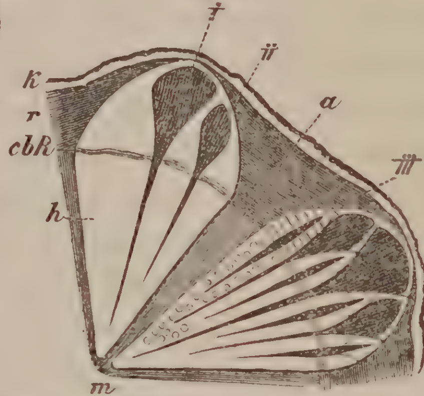


Fig. 24.



Chez les monocotylédones le système vasculaire a la même origine, mais il se développe plus tard suivant un mode différent : ici, il ne croît pas en épaisseur au moyen de la zone génératrice ; il n'est pas entrecoupé non plus par la formation de nouveaux rayons médullaires, mais il se ramifie aussi bien dans un sens que dans l'autre. Lorsque la tige monocotylédonée s'épaissit au moyen de son tissu de développement, c'est par suite de l'augmentation du nombre de ses faisceaux vasculaires. La coupe transversale d'une tige monocotylédonée ne montre jamais un cylindre ligneux clos, traversé par des rayons médullaires radiés, mais elle présente des groupes toujours disséminés, le plus souvent arrondis, de faisceaux

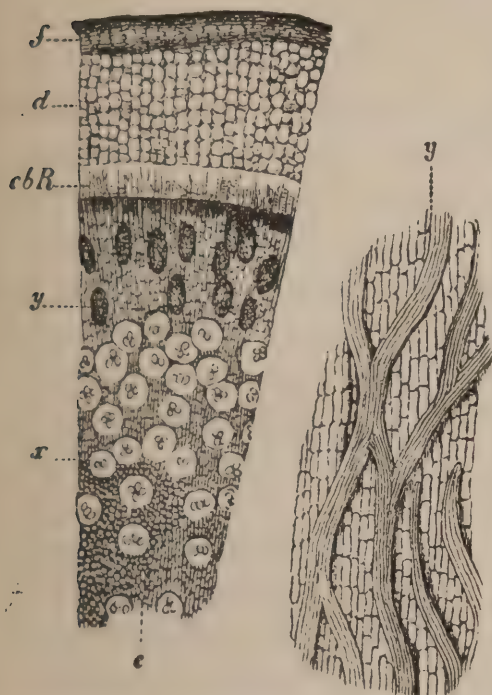
Fig. 22. *a*. Partie d'un filament de Coton (*Gossypium*), reconnaissable à sa forme aplatie et tordue. Le coton ne consiste pas en fibres du liber, mais en poils qui couvrent la surface des graines. *b*. Partie d'une fibre de Lin (*Linum*) ; *c*. partie d'une fibre de Chanvre (*Cannabis*). Toutes deux examinées dans l'eau sur le porte-objet du microscope, ne sont pas unies ; elles paraissent sous une coupe transversale (*d* et *e*) fortement épaissies et pas aussi comprimées que le coton (grossie 200 fois).

Fig. 23. Portion d'une coupe longitudinale d'une ébauche de faisceau vasculaire d'un embryon de Dattier (*Phœnix dactylifera*). *a*. Tissu nourricier ; *c*. *b*. cellules de cambium.

Fig 24. Portion d'une coupe transversale du rhizôme de *Cissus verrucosa* (plante nourricière du *Rafflesia patma*). *a*. Rayon médullaire primaire; *cbR*. zone génératrice ou anneau de cambium ; *h*. partie ligneuse du système vasculaire ; *k*. couche subéreuse de l'écorce ; *r*. écorce secondaire où se trouve la partie libérienne du système vasculaire. *I*. Rayon médullaire secondaire de premier ordre; *II*. de 2e ordre; *III*. de 3e ordre. Aussi longtemps que la partie externe de l'écorce n'est pas repoussée par la formation subéreuse, le système vasculaire primitif reste visible dans l'écorce, par exemple chez le Tilleul. (Grossie 3 fois.)

vasculaires multipliés par ramification (Fig. 25). Les cannes faites en bois de palmier, laissent facilement apercevoir cette organisation qui leur communique, d'ailleurs, une beauté particulière; la dureté des stries noires qui traversent le tissu plus clair, est due aux cellules ligneuses, fortement épaissies et d'une couleur sombre, qui forment les faisceaux vasculaires.

Fig. 25.



Dans les Cryptogames, ceux-ci se comportent comme ceux des Monocotylédones; ils ne croissent pas non plus en épaisseur et leur multiplication se fait par division; chez ces plantes, la croissance en largeur de la tige et de la racine est, en général, bientôt terminée, et les faisceaux vasculaires, disséminés comme chez les Monocotylédones, ne se présentent chez elles que dans des circonstances exceptionnelles, par exemple chez quelques fougères arborescentes.

Les faisceaux vasculaires de tous les végétaux sans exception forment, comme nous l'avons démontré ailleurs et sans qu'on en puisse douter, en quelque sorte un système connexe au milieu de la plante. Un nouveau faisceau vasculaire ne peut nulle part se former isolément, mais il croît et se ramifie partout où il rencontre du tissu de développement.

Par conséquent, là où naît une feuille, un bourgeon ou une racine, qui tous proviennent du système vasculaire, il se forme aussi de nouvelles ramifications de faisceaux destinés à ces jeunes organes.

Le Cambium des faisceaux vasculaires se confond, chez les Dicotylédones (Fig. 26), avec la zone génératrice et s'en distingue par conséquent difficilement; chez l'Ortie commune on peut cependant observer séparément la vie de l'un et de l'autre (1). Chez les Monocotylé-

Fig. 25. Coupes transversale et longitudinale d'une branche de Dragonier (*Dracæna*). *f.* Couche subéreuse; *d.* écorce; *cb*R. zone génératrice; *y.* faisceaux vasculaires de la partie externe; *x.* faisceaux vasculaires de la partie interne de la tige, qui sont contemporains tandis que les premiers s'allongent encore; *c.* milieu de la tige (moëlle).

---

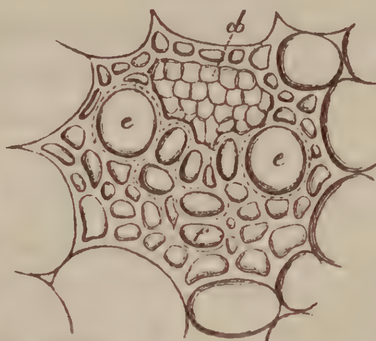
(1) Lehrbuch der Anatomie und Physiologie, t. I.

dones les cellules du Cambium se trouvent, au milieu du faisceau vasculaire, environnées de vaisseaux, de cellules ligneuses ou libériennes (Fig. 27); chez les Cryptogames, au contraire, les vaisseaux situés au centre du faisceau sont entourés des cellules du Cambium, tandis que de véritables fibres ligneuses et libériennes manquent ici complétement.

Fig. 26.



Fig. 27.



Les cellules du Cambium sont sans doute les éléments les plus importants du système vasculaire, et ils ne font jamais défaut; nous connaissons des plantes qui atteignent même une grande hauteur (*Nayas, Caulinia, Ceratophyllum, Epipogon*) et dont les faisceaux vasculaires ne se composent que de cellules de Cambium. Elles sont toujours remplies de suc et elles transportent, probablement jusqu'aux parties les plus élevées des branches et des feuilles, une sève où prédomine les principes azotés et qui a été absorbée par la racine.

Le système vasculaire de la plante est, d'après ses fonctions, semblable au système vasculaire des animaux, puisqu'il entretient la circulation végétale; mais il en diffère entièrement par la manière dont cette circulation s'opère. La circulation du sang reçoit l'impulsion d'un organe central, le cœur, et s'effectue dans l'intérieur de canaux continus, en vertu des contractions du cœur et des parois vasculaires; les globules de sang et de lymphe, qui ressemblent assez bien à des cellules, sont transportés par les vaisseaux des animaux dans l'organisme entier. Les plantes manquent de ces canaux continus et il n'y a chez elles que les substances solubles qui puissent traverser la paroi des cellules. Chez les animaux, il existe un double système de vaisseaux sanguins; un système artériel qui conduit le sang du cœur dans le corps, et un système veineux qui le ramène au cœur. Les deux systèmes sont unis entre eux par les vaisseaux dits capillaires, ramifications vasculaires les plus minces, traversant tous les tissus.

Le tissu animal emprunte par diffusion au sang ce dont il a besoin et

Fig. 26. Portion d'une coupe transversale d'une jeune branche de *Cocculus laurifolius*. *a*. Partie ligneuse du système vasculaire; *b*. partie libérienne du même; *cb*. cambium de ce système; *cbR*. zone génératrice; *e*. moëlle; *f*. rayon médullaire primitif (primaire) (gross. 25 fois).

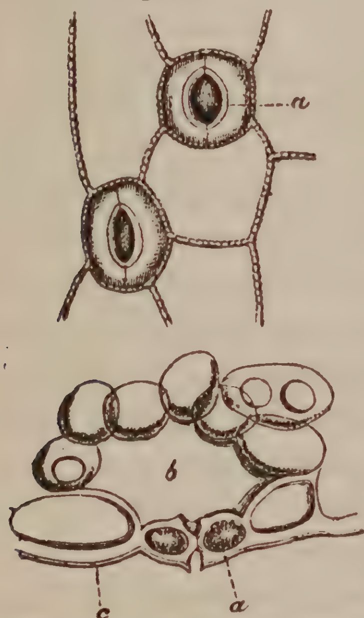
Fig. 27. Coupe transversale d'un faisceau vasculaire du chaume de l'avoine (*Avena*). *cb*. Cambium; *e*. cellules vasculaires larges; *f*. vaisseaux spiraux plus étroits. (gross. 200 fois).

lui abandonne en échange, également par diffusion, d'autres substances. Le sang artériel est pour cette raison autrement constitué que le sang veineux et cette différence se révèle déjà rien qu'à la couleur ; il est plus riche en oxygène et plus pauvre en carbone. Les faisceaux vasculaires des plantes ne peuvent rien transporter vers un organe central qui du reste n'existe pas ; à leurs extrémités, ils se perdent dans le tissu de développement de chaque bourgeon et de chaque racine, ou bien ils disparaissent dans les divisions des feuilles ou ailleurs. Leurs parties sévifères consistent toutes, sauf une seule exception, celle des vaisseaux laticifères, en véritables cellules séparées les unes des autres par des cloisons. Nous ne pouvons donc pas suivre avec certitude le mouvement de la sève dans les plantes, comme on le suit dans le règne animal. Nos expériences nous autorisent toutefois à admettre que les vaisseaux et les fibres du bois tant qu'ils conduisent des liquides, ainsi que probablement le Cambium, transportent le courant de la sève ascendante, tandis que les vaisseaux poreux et les cellules libériennes charrient le courant descendant. Mais le tissu nourricier qui entoure les faisceaux vasculaires et qui forme, chez les Dicotylédones, les rayons médullaires, de même que la moëlle et l'écorce primaire quand elles existent, agit entre ces faisceaux en se conformant aux besoins de ses cellules et suivant différentes directions, par exemple pour former des combinaisons chimiques définies ; ce parenchyme correspond au tissu animal où se trouve le réseau des capillaires. Chez les plantes, la circulation de la sève résulte simplement et uniquement de la diosmose et le courant principal s'élève dans une partie déterminée du système vasculaire, pour descendre ensuite dans une autre partie ; la sève ascendante paraît être riche en azote, et la sève descendante semble contenir le plus de composés carbonés.

Considérons maintenant le tissu épidermique. Il se comporte différemment suivant ses fonctions : s'il sert à l'absorption des liquides du dehors, par exemple dans un embryon entouré par un albumen ou dans les jeunes parties de la racine, il possède des cellules minces, qui absorbent les principes nutritifs sous forme liquide, soit du tissu cellulaire environnant, soit hors du sol. Les papilles radicales sont formées de cellules allongées de ce tissu épidermique. Celui-ci est-il au contraire destiné à rejeter au dehors des substances liquides, par exemple dans le stigmate, dans le canal pistillaire ou dans l'ovaire, il est également mince. Les papilles stigmatiques des plantes appartiennent à l'épiderme. Enfin s'il ne sert ni à l'absorption ni à la sécrétion des substances

liquides, il se trouve alors tout autrement conformé, ses cellules étant généralement épaissies du côté externe. Mais les couches d'épaississement, le plus souvent percées de canaux poreux très-fins, sont, dans ce cas, fréquemment transformées en matière subéreuse. Un épiderme ainsi conformé s'oppose à l'évaporation et rend même impossible l'entrée des gaz et des vapeurs. Nous trouvons cette variété du tissu épidermique sur les feuilles et les jeunes branches, mais jamais sur les racines. Cet épiderme est en général muni de stomates, c'est-à-dire de petits organes consistant en deux cellules ordinairement un peu réniformes, à parois minces et jamais ni lignifiées, ni subérifiées, accolées l'une à l'autre par leurs deux pointes, de manière à laisser entre elles un petit espace, une fente (*la bouche du stomate dont les deux cellules constituent le sphincter*) (Fig. 28).

Fig. 28.



En dessous de chaque stomate se trouve un espace rempli d'air, que l'on appelle CHAMBRE PNEUMATIQUE (*b*). L'absorption des vapeurs et des gaz, ainsi que leur expulsion, s'effectuent par l'ouverture du stomate, peut-être même par le sphincter. La plupart des feuilles qui vivent dans l'air, n'ont des stomates qu'à leur face inférieure ; celles qui nagent sur l'eau, par exemple le Nénuphar blanc (*Nymphæa*), ne les portent qu'à leur face supérieure, et les feuilles immergées, par exemple celles des Potamogeton, etc., etc., ne présentent pas de stomate du tout.

Les poils (Fig. 7 et Fig. 29), certaines écailles, les glandes, etc., sont encore des productions épidermiques. Ce sont des organes destinés soit à augmenter la surface des plantes et à absorber la nourriture répandue dans l'atmosphère (les poils et les écailles), soit à favoriser la sortie de certains fluides, par exemple les glandes résinifères du Bouleau (Fig. 30) et les glandes de l'Aune qui excrètent un liquide visqueux et amer. Les poils sont souvent ramifiés ; ils se composent d'une ou de plusieurs cellules et leurs parois peuvent être épaissies et devenir quelquefois subéreuses. Les poils radicaux sont au contraire

Fig. 28. Epiderme de la face inférieure de la feuille de l'Orchis à odeur de bouc (*Loroglossum R*), vu d'en haut, de même qu'une coupe transversale de la feuille. *a*. Stomates ; *b*. la chambre pneumatique située en dessous d'eux ; *c*. cellule de l'épiderme (gross. 200 fois).

toujours à parois minces et ne consistent qu'en une seule cellule ; ils ne se ramifient que rarement (Fig. 31) et meurent, en général, prématurément en même temps que l'épiderme de l'écorce radicale.

La subérine se forme sous l'épiderme ou dans l'intérieur même des cellules qui le composent. Il meurt dès que cette formation a eu lieu, parce qu'elle empêche tout-à-fait l'émersion de la sève. Il y a deux sortes de tissus subéreux, le liége proprement dit et le périderme. Tous

Fig. 29.

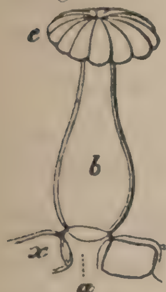
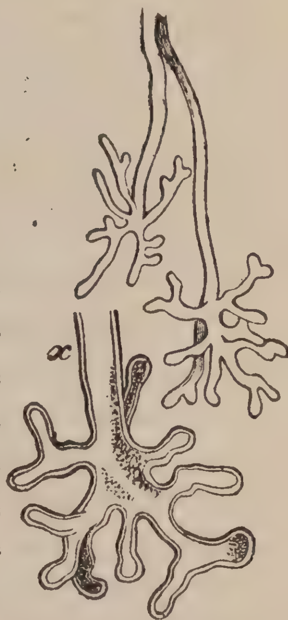


Fig. 30.



Fig. 31.



deux se composent de cellules tabulaires, et consistent en couches de cellules qui se succèdent soit continuellement, soit par interruption. Le liége (Fig. 19) a une vitalité très-courte et ses cellules sont très-faiblement épaissies ; il se propage en général beaucoup plus que le périderme. On le trouve très-développé dans le Chêne-liége, l'Orme et l'Érable subéreux. Le périderme a une extension infiniment plus considérable ; ses cellules vivent beaucoup plus longtemps et leurs parois s'épaississent davantage. Le périderme est extensible, il ne se fendille pas comme le liége proprement dit. Nous le trouvons sur tous les arbres à écorce lisse, principalement dans le Bouleau et dans le Cerisier où il s'effeuille sous forme de plaques ayant l'apparence du parchemin, ou encore chez le Hêtre et le Sapin où il ne s'exfolie pas.

Ces deux tissus contiennent à l'état parfait, une substance subéreuse dans les parois de leurs cellules et leur contenu liquide disparaît. Ils ne produisent pas, paraît-il, de principe nutritif pour les plantes, mais ils sont destinés à préserver leur surface de l'évaporation.

Fig. 29. Poil d'une feuille de *Pinguicula vulgaris*. *a*. Cellule basilaire du poil ; *b*. cellule du stipe ; *c*. tête ombelliforme, formée de plusieurs cellules ; *x*. cellule de l'épiderme (gross. 100 fois).

Fig. 30. Glande résinifère d'une jeune branche de Bouleau, vue sur une coupe transversale. *a*. Cellules épidermiques ; *b*. couche subéreuse située en dessous ; *c*. cellules parenchymateuses de l'écorce ; *d*. papilles de la glande, qui ont secrété de la résine solide (*e*) (gross. 100 fois).

Fig. 31. Poils radicaux du *Mastygobryum trilobatum* grossis 100 fois ; *x*. les mêmes grossis 400 fois.

L'emploi du bouchon du commerce pour la fermeture des bouteilles est une application usuelle de cette propriété. L'épiderme proprement dit des plantes ne se reproduit jamais où il a été blessé, mais une formation de matière subéreuse s'effectue à sa place. Cette matière se répand sur toutes les surfaces blessées et la plaie se cicatrise sous sa protection ; certaines maladies des parties internes peuvent même être radicalement guéries par une formation subéreuse sur les endroits malades, comme, par exemple, la pourriture sèche des tubercules de pomme de terre.

La nature de la couche subéreuse et la manière dont elle se développe, contribuent aussi à différencier plusieurs espèces d'écorces ; si elle se forme par plaques qui se déposent sur l'écorce, on a des écailles corticales, comme dans le Pin et le Platane, tandis que si cette formation s'arrête simplement à la surface de l'écorce, il ne se produit aucune écaille, comme chez le Hêtre et le Sapin ordinaire. La racine de toutes les plantes que j'ai examinées perd de bonne heure, par les formations subéreuses, sa couche corticale externe. Tout ce qui se trouve en dehors de la couche subéreuse doit mourir, parce que celle-ci supprime la diffusion. Les feuilles du Dragonnier et de la plupart des arbres se détachent par suite d'une formation subéreuse à la base du pétiole.

Chaque espèce de cellule, et par conséquent chaque tissu, a dans les plantes, une fonction déterminée à remplir. De l'organisation très-compliquée que nous venons de reconnaître aux végétaux supérieurs, résulte une structure correspondante aux conditions sous lesquelles ils vivent ; ainsi, le végétal croissant dans l'eau est autrement constitué que la plante qui s'élève sur le sol. Mais le point essentiel, c'est que tous les végétaux supérieurs se ressemblent ; tous possèdent un système de faisceaux vasculaires, qui sert aux courants séveux ascendant et descendant, un tissu nourricier qui élabore les composés carbonés nécessaires pour nourrir la plante et enfin un tissu épidermique chargé d'absorber la nourriture du sol et de l'air, en même temps qu'il leur restitue des vapeurs et des gaz et quelquefois aussi des substances liquides.

La puissance inégale des cellules explique la vie des plantes. Telle espèce de cellules consomme certaine substance, telle autre espèce en consomme une autre et les premières font subir à cette substance une transformation différente de celle qui s'exerce sur la seconde. Au moyen de la diffusion, une cellule emprunte aux autres certaines sub-

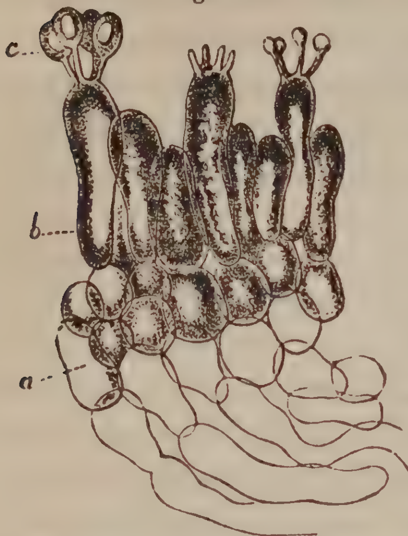
stances solubles déterminées et il en résulte un échange continuel de sève qui se fait d'une manière particulière dans toute la plante.

Des recherches faites directement sur une membrane végétale, à l'aide de la paroi cellulaire d'une algue, le *Caulerpa prolifera*, me prouvèrent, que si l'on plonge dans l'eau un tube de verre contenant de l'eau sucrée et fermé avec un morceau de cette algue, l'eau pure passe du côté de l'eau sucrée, et si l'on remplit ce même tube avec de l'alcool, celui-ci se dirige vers l'eau à travers la membrane du *Caulerpa*. Il est donc évident que la même cellule, suivant la constitution chimique de sa membrane et de son contenu, peut attirer en grande quantité certain composé chimique et absorber faiblement ou point du tout un autre composé. De plus, la même cellule peut porter le premier composé chimique vers le haut et le second vers le bas. On s'explique ainsi pourquoi l'existence d'une foule de substances est confinée dans une certaine catégorie de cellules, par exemple les cristaux au voisinage des faisceaux du liber dans toutes les écorces d'arbre (chez les arbres forestiers et les conifères). On s'explique de plus pourquoi la plante absorbe par ses papilles radicales une plus grande quantité de telle substance se présentant à elle dans le sol à l'état soluble, que de telle autre tout aussi soluble que la première. Schultz-Flecth a prouvé par des observations directes que l'absorption des principes chimiques, dans les plantes, est toujours proportionnelle à leur consommation, de sorte que deux substances qui existent, en quantité égale, dans une solution, sont rarement prises dans les mêmes proportions.

Les champignons et les lichens, dépourvus de racines proprement dites, de véritable tige et de feuilles et consistant en une seule espèce de cellule qui leur est propre, possèdent des cellules qui sont inéquivalentes malgré la conformité anatomique apparente de leur tissu. Les extrémités de leurs filaments cellulaires se développent suivant des lois déterminées pour la multiplication des cellules, soit qu'elles forment des tubes avec un nombre limité ou illimité de semences qui s'échappent plus tard, par exemple chez les espèces de Peziza, chez les Morilles et chez les Lichens (Fig. 10), soit qu'elles développent sur un repli de leur membrane une seule spore, qui d'abord pédicellée, par exemple chez les Champignons à chapeau (Fig. 32), se détache plus tard du sporange. Sous la couche fructifère des champignons et des lichens, le tissu est plus épais et plus riche en substances azotées et, à cause de cela, il a été considéré jusqu'à présent comme étant formé d'une espèce particulière de cellules. Il est probable que chez

les champignons et les lichens, toute cellule est capable de prendre sa nourriture à l'air et au sol ; mais chaque cellule ne peut pas se transformer en sporange. Chez un grand nombre de lichens, on trouve de la chlorophylle dans certaines cellules sphériques internes qui proviennent de la séparation du tissu filamenteux et dont les parois prennent une coloration bleue sous l'influence de l'iode et de l'acide sulfurique : le tissu filamenteux de ces mêmes lichens consiste en une cellulose qui ne prend pas cette coloration, tandis que celle de leur couche fructifère se transforme en amidon comme la première et se colore légèrement en bleu par une solution d'iode. Nous avons donc encore ici des cellules de valeur différente.

Fig. 32.



Dans les Algues, qui ne vivent que dans l'eau, on ne connaît qu'une seule espèce de cellules. Les plantes les plus inférieures de ce groupe consistent, de même que les mucédinées, soit en une seule cellule (les *Protococcus,* qui s'accumulent fréquemment en une masse verte ou brunâtre dans les carafes d'eau), soit en filaments ou en membranes dont chaque cellule possède une valeur identique (chez les *Conferves, Spirogyra, Ulothrix, Ulva*, etc.). Ici chaque cellule, suivant les circonstances, peut se présenter comme un organe de nutrition ou de reproduction ; chaque cellule semble ici ne soigner qu'elle-même et mener une vie propre et indépendante. Chez l'Ulothrix, algue filamentaire que je trouve près de chez moi, dans un ruisseau, au sommet d'une montagne, on remarque que la cloison d'une cellule se compose de tissus ligneux et subéreux, tandis que ses parois latérales ne sont constituées que de cellulose pure, il paraît donc qu'il ne peut se faire aucune transmission de sève d'une cellule à l'autre. Chez les Algues plus élévées, par exemple chez les Varechs, qui croissent au fond de la mer en touffes immenses et multiformes et dont les cendres se composent à peu près exclusivement de soude, il se passe évidemment une action réciproque entre plusieurs de leurs cellules, et il est manifeste que l'inégalité de leur valeur provient des différences de forme et de disposition.

Fig. 32. Portion d'une coupe longitudinale de la lamelle fructifère (*Hymenium*) d'un agaric (*Amanita*). *a*. Transition du tissu filamenteux en cellules sphériques ; *b*. sporange (*Basidie*) ; *c*. spores, un peu avant leur séparation d'avec le sporange (gross. 400 fois).

La vie de toutes les plantes, qu'elles soient composées d'un grand ou d'un petit nombre de cellules, dépend donc des actions simultanées et différentes de cellules non équivalentes ; la mort d'une ou de plusieurs cellules peut même, suivant les circonstances, causer la mort de la plante entière.

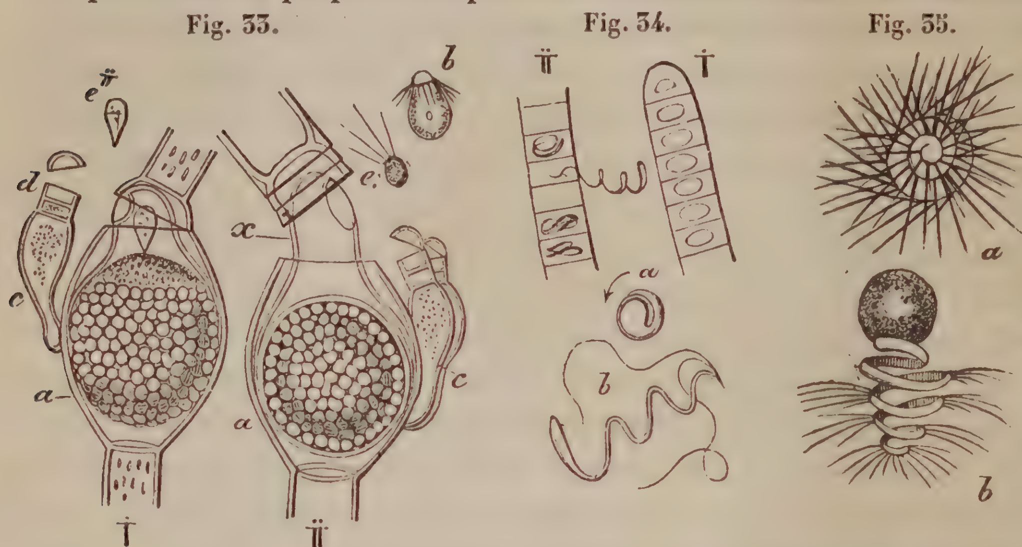
Il existe encore certaines cellules toutes spéciales qui entrent dans la constitution des végétaux les plus élevés. Chez les Phanérogames il y a le pollen, qui féconde, au moyen de son contenu, une autre jeune cellule située dans l'intérieur de l'ovule, la vésicule embryonnaire, et la rend capable de se transformer en une cellule apte à développer un nouvel organisme. Chez les Cryptogames nous trouvons les spores, qui ont une remarquable ressemblance avec le pollen, quant aux caractères extérieurs et sous le rapport du mode de formation. Les spores, s'ils sont produits avec le concours des deux sexes, engendrent immédiatement une nouvelle plante (Algues, Mousses et Hépatiques); mais quand ils sont formés sans le secours des sexes, ils se transforment d'abord en un organe transitoire, composé de cellules, le prothalle (*Vorkeim*) sur lequel apparaissent les organes sexuels, de sorte que la jeune plante sort de l'organe femelle après qu'une fécondation a eu lieu (chez les Fougères, les Equisétacées, les Lycopodiacées et les Rhizocarpées).

La fécondation des Cryptogames s'opère au moyen de corpuscules mobiles ou *spermatozoïdes* qui se forment dans l'organe mâle, l'anthéridie, et qui, chez les algues, se présentent avec l'apparence de cellules ovales, munies de 2-4 cils (Fig. 33). Dans les autres Cryptogames, ils consistent en bandelettes sinueuses, spiraliformes, tantôt terminées par deux longs cils droits et flagelliformes (les *Anthérozoïdes* des Charas, des Mousses et des Hépatiques) (Fig. 34), tantôt munies de cils innombrables (chez les Fougères et les Equisétacées) (Fig. 35).

Ces spermatozoïdes (*Samenkörper*), pénètrent dans l'organe femelle, qui, chez les algues, dont nous connaissons si bien la fécondation depuis les travaux de Pringsheim, est doué d'une structure toute simple. Il provient, en effet, d'une cellule rudimentaire, le globule reproducteur, qui se transforme ensuite, comme chez les phanérogames, en une première cellule. Celle-ci, en vertu de son développement ultérieur, doit être considérée comme l'origine de la nouvelle plante (chez la plupart des Algues, chez les Fougères, les Equisétacées, les Lycopodiacées et les Rhizocarpées), ou bien elle devient la première cellule pour

la formation d'un fruit (*sporange*), rempli d'un grand nombre de semences (*spores*) (chez les Mousses et les Hépatiques). Les champignons et les lichens ont une génération sexuelle que l'on n'a pu encore démontrer avec certitude.

Le pollen de la plupart des plantes consiste en cellules arrondies ou



polygonales ; chacune est recouverte d'un épiderme (*exhyménine*) plus ou moins épais, d'une structure souvent fort gracieuse et qui peut être garni de piquants, de crêtes, etc., régulièrement disposés. Il ne recouvre pas en général, exactement la totalité du grain de pollen, mais il laisse à nu, en tout ou en partie, divers endroits, à travers lesquels la paroi cellulaire interne du pollen (*endyménine*), consistant toujours en cellulose, peut s'allonger et former ainsi des prolongements tubuleux qui constituent chacun un tube pollinique (Fig. 36 et 37).

Lorsque le pollen, emporté par le vent ou par les insectes, est déposé sur un stigmate, le tube pollinique auquel il donne naissance, s'avance à travers les cellules du canal pistillaire qui le nourrissent

Fig. 33. *Ædogonium ciliatum*, d'après Pringsheim.

I. Au moment de la fécondation. *a*. Organe femelle (*Oogonie*,) qui s'est ouvert à son sommet par un opercule et dans lequel s'est formé, un peu avant la fécondation, et au moyen du globule reproducteur dépourvu de membrane, le tube de fécondation muni d'une ouverture, tandis qu'une petite plante mâle (*c*) provenant d'une zoospore (*b*) adhère à l'oogonie. L'anthéridie bicellulaire (*d*) de cette petite plante a rejeté son opercule et le spermatozoïde supérieur s'est précipité par l'ouverture arrondie du tube de fécondation pour atteindre le globule reproducteur dans lequel il pénètre aussitôt et se dissipe. *II*. Oogonie récemment fécondé sur lequel se trouvent deux petites plantes mâles ; *c*. et *e*. *II*. Spermatozoïdes (gross. 350 fois).

Fig. 34. *Chara fragilis*. *I*. Extrémité d'un filament anthéridien avant la formation des spermatozoïdes. Portion d'un autre filament avec des spermatozoïdes parfaits. *a*. Spermatozoïde se contournant ; *b*. un autre tué par l'iode (gross. 500 fois).

Fig. 35. Spermatozoïdes du *Pteris sarrulata*. *a*. Vus d'en haut et immobiles ; *b*. vus latéralement, également immobiles (gross. 500 fois).

en route et le conduisent dans l'ovaire, vers les ovules, où il accomplit la fécondation (voir au Ch. VIII.) Une cellule pollinique est toujours pourvue d'un noyau ; elle renferme, en général, de la fécule, de l'inuline, du sucre, de l'huile grasse, etc. ; mais on n'y a pas rencontré, jusqu'à présent, des spermatozoïdes.

Fig. 36.

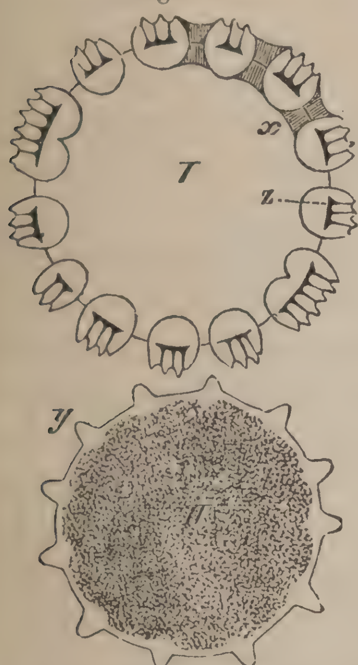
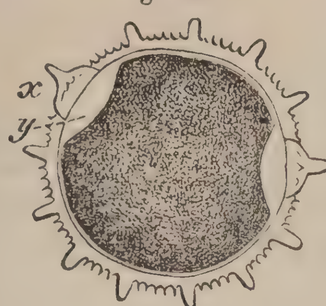


Fig. 37.



Le pollen provient d'une division directe du contenu d'une cellule-mère dans l'intérieur de laquelle quatre grains se forment en dernier lieu ; par suite, le pollen de plusieurs Orchidées et de quelques Ericées, par exemple, présente constamment quatre grains agglutinés ensemble, chacun d'eux émettant son tube pollinique propre, lors de la fécondation.

Les spores (Fig. 38), c'est-à-dire les semences, des Cryptogames inférieures (des Champignons et des Lichens), se produisent au contraire en vertu d'une formation spontanée dans le contenu cellulaire. Elles consistent en une cellule entourée d'un épiderme plus ou moins développé (surtout chez les Truffes). Les Lichens possèdent des spores composées, c'est-à-dire multicellulaires. Chez les Cryptogames supérieures, les spores se trouvent, comme le pollen, au nombre de quatre dans une cellule-mère et ont une forme extérieure qui ressemble assez à celle de la poussière fécondante des phanérogames. Ces spores sont produites d'après ce que nous avons déjà vu précédemment, soit sans fécondation, soit par le concours des deux sexes, et ils engendrent plus tard une nouvelle plante directement ou indirectement. Ce n'est pas ici le lieu de parler davantage de leur intéressante histoire (1) ; nous ajouterons seulement que les spo-

Fig. 36. Coupe transversale d'un grain de pollen du *Mirabilis jalapa*. *I*. L'épiderme ; *x*. canal poreux pour la sortie du tube pollinique ; *z*. cavité avec ses conduits excréteurs dans la couche externe de l'épiderme. *II*. Contenu du grain de pollen limité par la membrane muqueuse du protoplasma ; *y*. l'une des élévations coniques, qui se trouvent sous chaque canal poreux (gross. 350 fois).

Fig. 37. Coupe d'un grain de pollen de *Cucurbita pepo*. *x*. Opercule dans l'épiderme au-dessus de l'endroit épaissi de la membrane interne *y*, qui s'avance plus tard en tube pollinique (gross. 300 fois).

(1) Voy. mon ouvrage : Lehrbuch der Anatomie und Physiologie, t. II. p. 218.

res mobiles des Algues, les *zoospores* (Fig. 39), produites sans le secours des sexes, se transforment directement en de nouvelles plantes. Ce sont elles qui ont maintes fois ébranlé les limites que l'on avait cru pouvoir poser entre le règne animal et le règne végétal.

Les zoospores naissent isolément ou en plus grand nombre dans l'intérieur d'une cellule-mère qui, arrivée à maturité, crève et les laisse échapper ; alors, semblables aux infusoires, ils folâtrent dans l'eau. Ils renferment en général un contenu granulifère coloré par de la chlorophylle et sont quelquefois pourvus d'un point rouge, reste du nucléus cellulaire. Ils se meuvent dans l'eau pendant un temps plus ou moins long suivant les espèces, les uns un jour entier, les autres quelques minutes seulement ; puis ils se calment insensiblement et restent enfin immobiles. C'est alors que commence en eux la formation de nouvelles cellules ; ils germent et se transforment en une algue de la même espèce que celle qui avait produit le zoospore. Celui-ci n'est nullement un animal, comme Unger semblait le croire, bien qu'il ait observé le premier, chez le Vaucheria, la transformation complète d'un zoospore en jeune plante ; c'est un embryon végétal mobile, qui, en germant, perd sa mobilité. Des cils vibratoires, dont le nombre et la position sont en général très-constants, lui servent d'organes moteurs. Les cils permettent d'établir une distinction entre les zoospores dont les uns ont la surface entièrement couverte de cils (*Vaucheria*) et les autres ne portent de ces organes qu'à une place déterminée. Le dernier cas est le plus fréquent.

Les spermatozoïdes des algues (*Befruchtungs-körper*), également

Fig. 38.

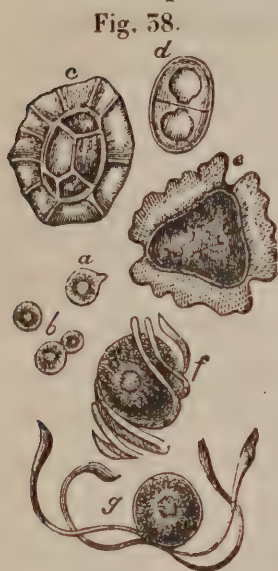


Fig. 39.



Fig. 38. Spores de différentes cryptogames. *a*. Spores d'un agaric (*Amanita*) ; *b* champignon du ferment de la bière ; *c*. spore de truffes. (*Tuber cibarium*) ; *d*. spore d'un lichen, composé de deux cellules (*Borrera*) ; *f*. et *g*. spores d'une équisétacée (*Equisetum arvense*) ; *f*. les deux lamelles d'épaississement de la cellule-mère ne sont pas encore enlevées ; *g*. ces mêmes lamelles enlevées se présentent comme quatre filaments, très-hygroscopiques, enflés en forme de massue.

Fig. 39. Zoospores mobiles de quelques algues. *a* Spores de *Chlamidococcus pluvialis; b*. zoospores de *Stigeoclonium* (après des préparations sèches) ; *c.-f*. spores d'un *Ulothrix* se mouvant et se développant (gross. 400 fois).

mobiles et munis de cils, étaient jadis considérées comme une plus petite espèce de zoospores (les *Microgonidies*). Les zoospores germent en général après quelques heures et la plante se multiplie par leur moyen pendant la bonne saison, tandis que les spores immobiles, produites par génération sexuelle et recouvertes d'une membrane solide, conservent le végétal pendant la durée de la mauvaise saison. Ces dernières commencent à germer dès que les conditions extérieures deviennent plus propices, et elles servent par là à conserver ces plantes pendant l'hiver. C'est ainsi que la nature a une égale sollicitude pour tous ses enfants et n'oublie même pas l'algue la plus infime.

Nous avons maintenant appris à connaître toutes les espèces de cellules qui se laissent différencier scientifiquement dans le règne végétal et nous sommes redevables de leur connaissance au microscope, qui nous révèle les secrets de la nature, en présentant à nos yeux les moindres rapports sur une grande échelle et avec une netteté décisive. Aucune branche des sciences naturelles, à l'exception de l'astronomie, ne peut se passer de ce puissant auxiliaire (1); les progrès des sciences naturelles sont en effet liés au perfectionnement de cet instrument. L'anatomie a pénétré tous les détails et elle est devenue, ainsi que la physiologie des plantes et des animaux, depuis les rapides progrès de l'optique, une des branches spéciales des sciences exactes. La science conservera longtemps dans ses annales les noms de Schick, Plösl, Amici, Nobert, Oberhaüser, Nachez, Kellner, Bènéche et Schroëder, et ceux des constructeurs des célèbres instruments anglais, Ross, Smith, etc., qui tous se sont fait connaître par les microscopes sortis de leurs ateliers. Par des perfectionnements importants d'optique et par une réforme complète du mode d'éclairage et du support, Georges Oberhauser, à Paris, a surtout donné au microscope sa valeur actuelle.

De tous les produits solides des cellules végétales que l'en rencontre dans le tissu nourricier ou parenchyme, la fécule (Fig. 40), qui, dans le grain de blé, dans la pomme de terre, etc., sert de nourriture principale à l'homme et aux animaux, mérite le plus spécialement notre attention. Le grain de fécule paraît dans tous les cas être formé de couches, qui sont disposées autour d'un centre vésiculeux solide, souvent très-petit, le noyau. Ce noyau se trouve au

---

(1) Schacht, Das Mikroskop und seine Anwendung. Zweite Aufl. Berlin, bei G.-W.-F. Müller. 1855.

milieu chez les plus jeunes granules de fécule de la pomme de terre, mais chez les grains plus gros, plus âgés, il est situé latéralement, parce que les couches qui naissent après, s'élargissent plus d'un côté que de l'autre (Fig. 41). Les formes des grains de fécule diffèrent notablement, surtout selon la manière dont ils se produisent. Un des traits les plus caractéristiques de leur histoire est leur apparition dans les cellules du liber, qui transportent le latex, chez beaucoup d'Euphorbiacées (*Euphorbia*). Quelquefois plusieurs grains de fécule se trouvent associés en petites masses et l'on peut aussi en rencontrer réunis ensemble, de telle sorte que les couches extérieures recouvrent plusieurs grains à la fois. Le grain de fécule est coloré en bleu par une dissolution étendue d'iode; il se gonfle comme une vessie dans l'eau bouillante, sans se dissoudre entièrement et forme ainsi l'empois que l'on connaît. Chauffée plus longtemps avec de la salive, la substance amylacée se laisse extraire, de sorte qu'il ne reste plus que le squelette de cellulose du grain. L'inuline est isomère avec la fécule, mais l'iode ne la colore pas en bleu. Le gluten est au contraire une substance azotée.

Fig. 40.

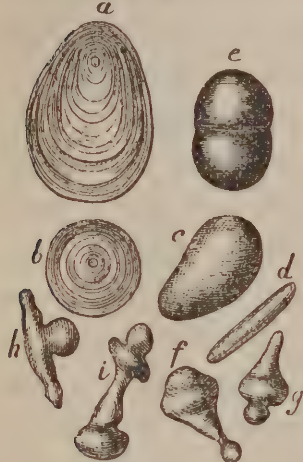


Fig. 41.



La matière colorante verte de la feuille, ou la Chlorophylle, se présente sous des aspects divers; elle est, en général, de forme globuleuse et, dans ce cas, elle forme ordinairement l'enveloppe des granules verts que l'on observe dans les cellules, et dont on peut la séparer par l'alcool. La chlorophylle ne se produit que sous l'influence de la lumière; un tubercule de pomme de terre, exposé longtemps à l'influence de cet agent, devient vert; l'asperge qui perce la couche de terre à l'état incolore, verdit aussitôt qu'elle vient au jour. Il est rare, par exemple dans l'embryon de quelques plantes, de trouver de la chlorophylle dans un organe sur lequel la lumière n'a pas une action directe.

Fig. 40 Grains de fécule de différentes plantes.

a. Grain de fécule de la pomme de terre, *b*. *Arrow-root* des Indes occidentales; *c*. et *d*. grains de fécule de *Curcuma zedoaria*, sous forme de disques plats; *d*. vu de côté; *e*. de la racine de *Salsepareille*; *f*. et *g*. du tubercule de *Himantoglossum*; *h*. et *i*. du latex de l'*Euphorbia antiquorum*.

Fig. 41. Grain de fécule du tubercule de pomme de terre (gross. 500 fois).

On trouve encore dans l'intérieur des cellules, et surtout dans le parenchyme, des cristaux de différentes formes, souvent très-régulièrement formés. Nous les observons dans l'écorce de nos arbres, tout autour des cellules du liber, par exemple dans le chêne et dans l'aune.

Ces cristaux sont composés, en général, d'acides végétaux combinés à la chaux et à la magnésie ; rarement ces bases sont unies à l'acide carbonique ou à l'acide sulfurique. Les cristaux se présentent isolément ou bien en faisceaux que l'on appelle *raphides* et qui se produisent de préférence chez les Monocotylédones. La formation du cristal est due à une simple action chimico-physique, en vertu de laquelle les sels dont la sève ne peut tenir en solution qu'une quantité déterminée, se séparent sous forme solide.

Dans les sciences naturelles, qui n'acceptent que ce qui a été prouvé, il n'y a pas de milieu entre le savoir et l'ignorance. Nous avons, dans ce chapitre, condensé tout ce qui peut se prouver ; mais on ne peut pas toujours fournir toutes les preuves à l'appui pour lesquelles je renvoie à mon Traité d'Anatomie et de Physiologie (1). D'un autre côté, je n'ai jamais voilé notre ignorance ni cherché à remplacer par des hypothèses les vérités qui nous font encore défaut. Nous sommes au début de la science ; il reste encore beaucoup à faire. Le chemin que nous suivons maintenant, celui de la froide méditation, est le seul convenable, le seul qui puisse conduire à la vérité et qui nous y conduira infailliblement. La Nature répond volontiers à qui se plaît à l'interroger ; mais que l'on se garde de mépriser sa réponse quand elle ne s'accorde pas avec la chimère d'un ancien préjugé, c'est-à-dire d'une vieille théorie. On doit la suivre pas à pas pour la surprendre et accueillir avec une effusion de reconnaissance les vérités qu'elle nous dévoile. De même que le temple de Salomon ne fut pas construit en une seule année et que son élévation a réclamé beaucoup de peines, les sciences naturelles accumulent des observations nombreuses et fidèles pour élever un temple, où règne la Vérité.

---

(1) Schacht. Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. Berlin, bei G.-W.-F. Müller, Theil I. 1856. Theil II. 1859. Ainsi qu'un abrégé de cet ouvrage : Grundriss der Anatomie und Physiologie der Gewächse. 1859.



Esche

Frêne.

jeunes branches et de jeunes feuilles ; une nouvelle vie renaît dans la tige, comme dans la racine. Le germe renfermé dans la semence brise son enveloppe et se transforme en jeune plante.

Qu'est-ce qui développe le bourgeon et met le germe en mouvement? — L'activité vitale qui vient de se réveiller. Mais qui réveille cette activité endormie pendant l'hiver? — La chaleur et l'humidité du printemps.

La graine du Manglier (*Rhizophora mangle*), habitant des côtes marécageuses des mers tropicales, germe quand elle est encore dans le fruit ; la jeune plantule cylindrique, longue d'un pied, se détache de l'arbre par la seule action de sa propre pesanteur et s'enfonce dans la vase, par la pointe aiguë de sa racine, pour y produire un nouvel arbre. De même quand l'automne est chaud et très-humide, le grain de blé germe aussi dans le champ, à l'intérieur de l'épi et au grand détriment du cultivateur. — La chaleur et l'humidité sont, dans les deux cas que nous venons de citer, les causes premières de la germination ; ce qu'elles sont ici, elles le sont partout.

Une plante monocellulaire (le *Chlamidococcus pluvialis* A. Braun) conserve dans sa semence séchée et gardée en herbier pendant plusieurs années, la faculté de renaître en peu de jours lorsqu'on la soumet à l'action de l'eau et d'une température chaude. Ici encore la chaleur et l'humidité renouvellent dans les cellules l'activité vitale suspendue pendant de longues années (1). — Le réveil de la vie, qui dans la végétation de nos contrées succède au sommeil de l'hiver, n'a pas d'autre cause que la chaleur et l'humidité du printemps : par elles, l'activité physiologique est de nouveau excitée et entretenue dans les cellules. A Madère et dans les Canaries, où l'été est sans pluie et où tout sécherait sans arrosements artificiels, les mois de septembre et d'octobre, qui amènent les premières pluies, ressemblent à nos mois de mai et de juin ; là, l'automne a la physionomie de notre printemps, la verdure est fraîche et des fleurs nouvelles s'épanouissent partout.

Mais, s'il en est ainsi, pourquoi au printemps toutes les graines ne poussent-elles pas à la même époque ; pourquoi le Sapin et le Hêtre germent-ils plus tôt que l'Epicea, le Pin et le Mélèze? On peut répondre à cela que ces différences tiennent soit à l'organisation particulière de chaque espèce de graine, soit à leur composition chimique. En

(1) Ehrenberg et d'autres auteurs ont fait la même observation sur des Infusoires.

outre, on ne doit pas perdre de vue la constitution des enveloppes du fruit ou de la semence qui sont par exemple, plus ou moins minces, épaisses ou ligneuses.

Les Ormes, les Peupliers et les Saules, dont les graines mûrissent pendant l'été, germent peu de jours après être tombées sur le sol. (D'après Wichura, la germination du Saule a lieu en douze heures seulement.) A Madère, les graines de l'Araucaria brasiliensis et de l'Avocatier (*Persea gratissima*) germent déjà quand le cône ou le fruit qui les renferment est encore pendant à l'arbre.

Nous avons, d'ailleurs, chez nous l'exemple du même phénomène : l'embryon du Gui s'allonge beaucoup au-delà de l'albumen pendant que la graine est encore renfermée dans la baie et attachée à la plante (au mois de mai), observation qui confirme et explique cette croyance que la dissémination du Gui se fait seulement par les graines que les oiseaux laissent tomber sur les branches. Au contraire, la chute des écailles des cônes du Sapin et des graines qu'elles entraînent avec elles, se fait à la fin de l'automne. Le Hêtre aussi ouvre son fruit en automne seulement. Le froid de l'hiver empêche la germination de ces graines; mais au printemps, avant même que les arbres se soient recouverts de feuilles, les embryons du Sapin et du Hêtre brisent leurs enveloppes, percent la terre à l'aide de leurs fortes racines et élèvent leurs cotylédons au-dessus du sol.

Les cônes des Epiceas, des Pins et des Mélèzes n'entrouvrent leurs écailles ligneuses, qui ne se détachent jamais du rachis, que passé l'hiver et seulement sous l'influence de la chaleur du soleil printanier; leurs graines parviennent à la terre lorsque déjà les jeunes Sapins et les jeunes Hêtres en sont sortis.

Les graines dont l'embryon ou l'albumen contient des matières hydrocarburées, paraissent germer plus vite que celles qui renferment beaucoup d'huiles grasses. Elles n'ont besoin d'aucun repos et elles poussent rapidement dès que les conditions extérieures, comme la chaleur et l'humidité, agissent sur elles. Le grain de blé, dont l'albumen est rempli de fécule, germe en 3-4 jours, quand la température est suffisamment élevée. Le gland, dont les cotylédons abondent aussi en fécule, germe, malgré son enveloppe assez forte, en 8-10 jours par un temps chaud et humide. Les graines des Conifères, dont l'albumen possède plus d'huiles grasses que de fécule, restent de 2-3 semaines avant que leurs racines ne brisent leurs enveloppes; la semence de l'Aubépine, du Rosier, du Charme, du Frêne, du Cornouiller et de

l'Erable, restent en terre, d'après Wichura, même au-delà de deux ans.

Quelques graines (du *Caféier* et du *Laurier*) ne germent que si elles sont fraîches et perdent leur pouvoir germinatif rien qu'en se desséchant. Les semences du Saule et du Peuplier ne se conservent pas non plus, tandis que les grains de blé, si les conditions sont favorables, semblent conserver leur pouvoir germinatif pendant des milliers d'années (1). Les graines fraîches lèvent mieux et plus vite que les vieilles graines. Il paraît général que celles dont l'albumen est corné ou dont les cotylédons ont un semblable tissu (comme les Palmiers, Dragoniers, Balisiers, Caféiers et Lauriers) perdent leur faculté germinative dès qu'elles deviennent sèches ; tandis que d'autres, d'un tissu oléagineux, deviennent bientôt impropres à la reproduction des plantes, par suite sans doute de l'oxydation des huiles grasses qu'elles renferment (Conifères, Bertholletia) : il en est de même de certaines graines farineuses quand elles sont mal conservées.

En comparant un grand nombre d'exemples on obtiendrait des résultats fort intéressants et on reconnaîtrait sans doute la liaison intime qui existe entre les phénomènes physiologiques de la germination et la constitution chimique de la graine.

Les cotylédons du Hêtre et du Noisetier contiennent de la fécule seulement dans le voisinage immédiat de l'axe de l'embryon ; dans le reste, ils abondent en matières grenues et en huiles grasses. Le parenchyme de l'axe embryonaire, c'est-à-dire l'ébauche de la moëlle et de l'écorce, est au contraire rempli de fécule. Il paraîtrait donc que l'huile grasse, pendant la germination du Hêtre, se change graduellement et se transforme en matière hydrocarburée.

Quand les cotylédons de ces plantes, développés et colorés en vert, pourvoient à la formation des feuilles, on cherche en vain après des huiles grasses et on ne trouve dans leurs cellules que de la fécule et de la chlorophylle.

La quantité de chaleur qu'il faut à une graine pour germer, varie suivant l'espèce de la plante ; ces variations proviennent certainement de différences dans la composition chimique du tissu cellulaire et de

(1) D'après les expériences de Sternberg sur les grains de froment retrouvés dans les tombeaux des momies égyptiennes (*)

(*) La germination de ces grains, âgés de plusieurs milliers d'années, est contestable ; elle a été mise en doute, entre autres, par M. Louis Vilmorin. (*Note du traducteur*).

son contenu, et dépendent probablement de la nature du protoplasme azoté, qui est l'agent le plus actif de la vie. L'enveloppe durcie qui contient la graine des fruits à noyaux, par exemple des cerises, des pèches, etc., empêche aussi la prompte germination de ces graines; en effet l'humidité parvient difficilement jusqu'à l'embryon mais, dès que cela arrive, la graine, en se gonflant, brise bientôt son enveloppe.

La noix de Coco et le fruit d'autres Palmiers, dont le péricarpe dur et épais est presque imperméable à l'humidité, ont été pourvus par la nature de trois orifices de germination ; on trouve, en général, en dessous de chacun d'eux, un embryon cylindrique (chez les *Attalea*) et il sort souvent d'une même noix trois jeunes plantes; mais ordinairement deux de ces embryons avortent.

Le germe (embryon) de la graine est l'ébauche d'une nouvelle plante; il est lui-même le produit d'une opération sexuelle, la génération (voyez chapitre VIII). De la même manière que le poulet sort de l'œuf couvé, la plante procède du développement d'un embryon séminal qui contient en germe tout ce qui se développera ultérieurement. De même que le jeune poulet se nourrit du jaune et du blanc de l'œuf avant d'en briser la coquille, de même se développe l'embryon végétal qui reçoit sa nourriture d'un tissu riche en matières nutritives et que, pour cette raison, on a nommé albumen. Si nous coupons suivant sa longueur une graine mûre, de n'importe quel arbre à feuilles aciculaires (Fig. 11), nous trouvons l'axe cylindrique du germe contenu, avec les cotylédons, dans un tissu blanc et oléagineux. Ce dernier est l'albumen, parenchyme qui s'est formé dans le sac embryonaire et qui n'a pas été entièrement résorbé pendant le développement de l'embryon. Si nous examinons ensuite la coupe longitudinale d'une semence mûre de Hêtre (Pl. III. Fig. 26), ou d'un gland mûr (Pl. III. Fig. 10), nous trouvons bien un germe, mais pas d'albumen, car ce dernier a été complétement absorbé par l'embryon. Souvent l'albumen est prédominant et l'embryon très-petit, comme dans les Palmiers et les Dragoniers; mais il n'est pas rare d'observer l'inverse, un embryon très-grand dans un albumen très-faible, comme dans le Baobab (*Adansonia digitata*). Quand il existe un albumen et que ses tissus contiennent des matières nutritives, comme de la fécule, des huiles grasses, de l'aleurone, etc., la jeune plante consomme ces substances alimentaires dans les premières époques de sa germination : c'est par exemple le cas, tant chez les jeunes Palmiers que chez les jeunes Conifères (Sapin, Epicea). Quand, au contraire, il y a manque de fécule, les cotylédons

se chargent de la première nourriture de la jeune plante, soit par une transmission des matières nutritives contenues dans leurs cellules, soit par une élaboration analogue à celle des feuilles (1). Dans le premier cas, ils restent pour toujours dans le sol ; c'est ce qui a lieu, par exemple, dans le gland en germination, la châtaigne, la noix, de même que chez les pois. Dans l'autre cas, ils sortent toujours de terre, ils sont, comme les feuilles, munis d'un derme bien développé et possèdent des stomates au moins sur une de leurs faces (le Hêtre, l'Aune, le Bouleau).

Fig. 42.



Les cotylédons de plusieurs plantes changent de fonctions suivant la période vitale dans laquelle entre le jeune embryon. Ainsi chez les Conifères, ils consomment premièrement l'albumen qui les entoure ; mais quand celui-ci est absorbé ils s'échappent de la graine et pourvoient alors à la formation des feuilles (Fig. 42).

La face supérieure du cotylédon est, dans le Sapin, pourvue de stomates, tandis que la feuille aciculaire ou feuille propre du même arbre porte ses stomates sur la face inférieure. Les deux cotylédons, gros et charnus, de l'amande, de la cerise, etc., qui sortent immédiatement de la graine exalbuminée (dépourvue d'albumen) et s'élèvent au-dessus de terre, suffisent, par leurs matières nutritives, aux premières nécessités de la jeune plante et s'occupent plus tard, comme les vraies feuilles, à pourvoir à l'élaboration atmosphérique. Le spermoderme (les enveloppes séminales) qui consiste alors en cellules mortes, souvent épaissies et ligneuses, est inactif pendant

Fig. 42. *I.* Embryon de Thuja. *II.* et *III.* Embryon de Pinus sylvestris. *IV.* Embryon de Ephedra; *s.* la graine qui, chez le Thuja et le Pin, est soulevée au-dessus du sol et rejetée quand l'albumen est épuisé; chez l'Ephedra au contraire elle reste en terre, quoique les deux cotylédons se fassent jour comme chez le Thuja. Le tissu du nucèle (*y*) qui est ici resté succulent, produit les matières nutritives au moyen de l'albumen. +. La limite entre la tige et la racine (*le collet*).

---

(1) Les Nymphéacées (*Nymphea, Nuphar, Victoria regia*) ont un albumen double ; en effet l'albumen proprement dit (*Endosperme*) est encore entouré d'une couche de tissu riche en matières nutritives (*Périsperme*) qui, dans les *Canna* et les *Strelitzia*, où le véritable albumen manque totalement, remplace le premier. Les rapports entre l'albumen et l'embryon sont devenus très-importants en botanique descriptive, à laquelle ils fournissent des caractères très-constants.

la germination ; il est ou bien percé par l'embryon, ou bien totalement déchiré et rejeté de côté.

Une grande quantité de chaleur est mise en liberté, comme l'a prouvé Göppert, par la germination des graines. L'orge en germant s'échauffe par les réactions chimiques qui s'opèrent dans ses cellules.

Dans l'embryon végétal sommeille, comme nous venons de le dire, l'ébauche de ce qu'il développera plus tard. Cependant, dans certains cas très-rares, par exemple dans les Orchidées, les Monotropées et les Orobanchées, etc., la graine, arrivée à maturité, contient un embryon de forme sphérique, qui consiste en un petit nombre de cellules, toutes semblables entre elles, et dans lequel l'extrémité de la tige et la radicule se différencient et prennent naissance sous les premières feuilles, au moment même où se fait la germination.

Dans tous les autres cas au contraire, l'embryon développé se compose d'une partie centrale, l'axe, terminée d'un côté par l'ébauche de la racine (la radicule), de l'autre par le point de départ de la tige (la plumule), et possède en outre, une, deux ou plusieurs feuilles, les cotylédons.

Le nombre de ces derniers organes est devenu la base fondamentale de la division systématique du règne végétal. Les monocotylédones germent avec un cotylédon (par exemple les Graminées, les Liliacées, les Palmiers). Deux cotylédons caractérisent les dicotylédones. C'est ainsi que germent tous nos arbres, à l'exception d'une section des Conifères, les Abiétinées, à laquelle appartiennent les Sapins, les Pins les Epiceas et les Mélèzes; ces Abiétinées possèdent de cinq à onze cotylédons. Chez les Cycadées, les deux cotylédons sont soudés ensemble à leur extrémité.

L'axe de l'embryon est la partie fondamentale de la nouvelle plante, car c'est de cet axe que la tige et la racine doivent se développer. Les cotylédons ont une fonction passagère; ils servent seulement à la nutrition de l'axe et généralement ils meurent tôt, à moins que, comme les feuilles proprement dites, ils ne pourvoient plus tard à l'élaboration atmosphérique.

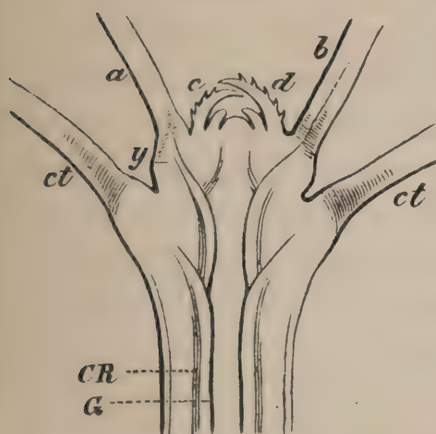
La gemmule du jeune embryon (ou la plumule) se trouve toujours entre les cotylédons, en quelque sorte protégée par ces derniers, et elle se présente généralement sous la forme d'une petite élévation conique en dessous de laquelle on trouve quelquefois, par exception (la Capucine, les Palmiers et le Noyer), des jeunes feuilles déjà formées.

Dans la plumule les plus jeunes cellules se trouvent immédiatement

au sommet ; mais celle-ci s'élève, pendant la germination, parce que les jeunes feuilles se produisent en dessous d'elle et alors la partie de l'axe prolongée et recouverte de feuilles, devient la tige proprement dite (Fig. 43).

L'autre partie de l'axe, toujours tournée vers le micropyle de la graine, porte l'ébauche de la racine: Ici, nous ne trouvons jamais les plus jeunes cellules de la future racine immédiatement à la pointe ; elles sont au contraire toujours recouvertes par des couches de vieilles cellules, qui servent d'enveloppe à l'extrémité sans cesse renouvelée de la radicule ; ces couches de vieilles cellules forment la coiffe de la racine ou ce qu'on nomme la piléorhize. Cet organe est propre à toutes les racines, qu'elles proviennent directement de l'embryon ou qu'elles se développent plus tard par un bourgeon, et il se forme aussi longtemps que la racine grandit, s'augmentant par elle de nouvelles couches, tandis que les couches extérieures meurent. Cette structure de l'extrémité de la racine explique pourquoi celle-ci ne porte jamais de feuilles. L'antagonisme de la tige et de la racine se révèle donc déjà dans l'embryon (Fig. 11): nous verrons qu'il se manifeste partout et toujours.

Fig. 43.



Une bonne coupe longitudinale, faite par le milieu d'un embryon dicotylédoné, montre dans tous les cas qui me sont connus, l'anneau d'épaississement (zone génératrice) dont nous avons parlé dans le chapitre précédent ; il se termine d'un côté dans la plumule, de l'autre dans la radicule, et traverse l'axe de l'embryon dont il sépare les tissus en moëlle et en écorce. Cette zone génératrice consiste en cellules minces, étendues dans le sens de leur longueur et riches en matières azotées ; des prolongements de semblables cellules s'en séparent et se dirigent vers les cotylédons, représentant l'ébauche du système vasculaire.

L'embryon des monocotylédones possède en général un axe raccourci, et, au lieu de l'anneau d'épaississement, une formation de

Fig. 43. Abies pectinata. Coupe longitudinale d'une jeune plante de l'année au mois de juin; *ct.* les cotylédons ; *ab.* feuilles du verticille unique formé immédiatement après la germination; *cd.* écailles du bourgeon terminal déjà fermé ; *CR.* anneau de Cambium ; *G.* faisceau vasculaire (gross. 16 fois).

cellules capables de se multiplier, qui relie la gemmule à la radicule et que j'ai appelée *hypoblaste* (*Keimlager*) ; les deux extrémités de l'embryon se joignent à ce point de départ commun, qui plus tard fournit à tous les deux leur anneau d'épaississement. La radicule des monocotylédones ne devient pas directement, à quelques exceptions près (*Typha*), la première racine, mais plusieurs racines adventives, sortant de l'hypoblaste, se produisent dans son intérieur (Fig. 44).

En général les premières ébauches du système vasculaire se forment dans la zone génératrice pendant la germination.

L'embryon du Chêne, du Maronnier, du Noyer, du Gui et du Zamia possèdent, au contraire, même avant la germination, des vaisseaux spiraux dont la première apparition se révèle du côté intérieur de la zone génératrice de l'axe et tout-à-fait en dessous des cotylédons.

Fig. 44.

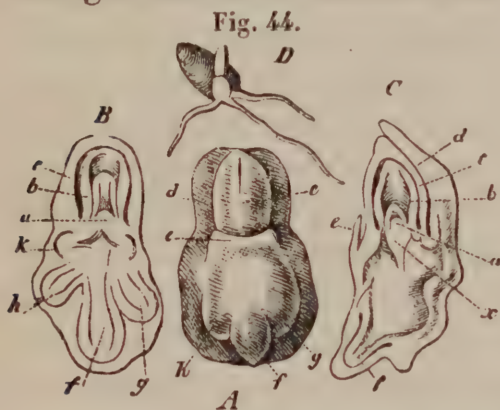
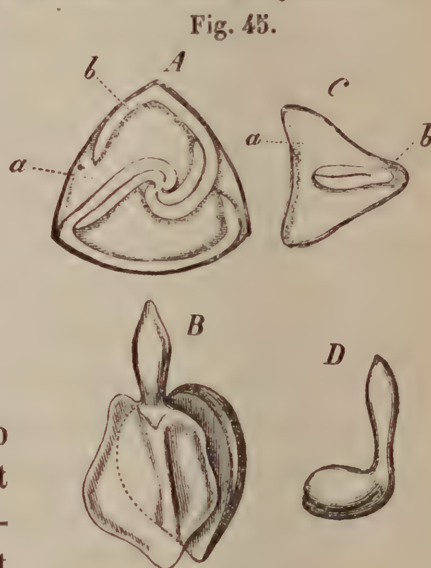


Fig. 45.



La valeur de l'embryon varie beaucoup dans les différentes plantes ; tantôt c'est l'axe qui prédomine, tantôt ce sont les cotylédons. Il en est de même de la forme et de la position de l'embryon dans la graine (Fig. 45). Ces rapports, très-constants pour chaque plante, ont acquis beaucoup d'importance dans la classification des végétaux. Ainsi les subdivisions de la famille des

Fig. 44. *A*. Embryon d'une graminée (Triticum fastuosum) vu d'en haut. *B*. Coupe longitudinale partant du sommet. *C*. Coupe longitudinale partant d'un des côtés : *a*. cône végétatif de la plumule en dessous duquel on trouve déjà trois feuilles ; *c*. la première de ces feuilles (qui ne renferme que deux faisceaux vasculaires) dont la fente laisse passer pendant la germination le jeune chaume, et qui reste à l'état de gaîne (coleophyllum) ; *b*. la seconde feuille qui se développe autant que la suivante ; *d*. les cotylédons ; *e*. une partie de ces cotylédons à travers laquelle passe la première feuille ; *c.f.g.h.k*. racines adventives ; *x*. l'hypoblaste situé sous le cône végétatif (gross. 10 fois). *D*. Une graine de céréale pendant la germination : les racines secondaires *f.g.h*. sont déjà sorties.

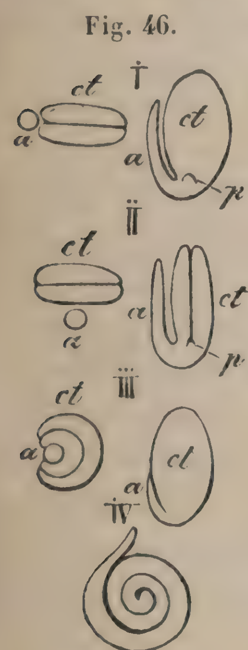
Fig. 45. *A*. Coupe transversale d'une graine de Blé-Sarazin (Polygonum fagopyrum) : *a*. l'albumen ; *b*. l'embryon. *B*. L'embryon séparé de la graine. *C*. Coupe transversale d'une graine de Polygonum convolvulus : *a*. L'albumen ; *b*. L'embryon. *D*. L'embryon isolé de la graine (gross. 8 fois).

Crucifères, à laquelle appartiennent nos choux, sont presque exclusivement établies d'après la forme et la position de leur embryon dans la graine (Fig. 46).

Les mêmes variations que l'on constate dans la forme des embryons s'observent, comme nous l'avons déjà vu, relativement à la constitution chimique de l'embryon et de l'albumen.

Dans la Datte et dans beaucoup de Palmiers, l'albumen se compose de cellules fortement épaissies, avec un contenu granuleux qui se colore en jaune par l'iode. Le cotylédon, qui ne sert ici qu'à l'aspiration de l'albumen, consomme complétement cet organe en s'élevant toujours plus loin à l'intérieur de la graine, de sorte qu'il ne reste bientôt nulle trace de ses cellules épaissies et de leur contenu. L'albumen des Conifères, formé de cellules à parois minces et renfermant de la fécule, des huiles grasses et de l'aleurone, ne cède au contraire que son contenu à l'embryon, pendant la germination, et on en retrouve les cellules vides et comprimées dans le spermoderme qui est rejeté. Il en est de même dans les céréales, dont l'albumen est rempli de fécule, tandis que cette substance manque dans l'embryon. Les cotylédons du Châtaignier et du Chêne, qui suppléent à l'absence de l'albumen, renferment une très-grande quantité de fécule et nous trouvons celle-ci remplacée par des huiles grasses et par de l'aleurone dans les cotylédons du Hêtre, du Noyer et du Noisetier.

Fig. 46.



Nous prendrons dans le Palmier le type de l'embryon monocotylédoné ; dans le Chêne et le Hêtre celui des dicotylédones, et pour les Conifères, l'embryon, du Sapin. Nous étudierons d'abord ce dernier, parce que, mieux que beaucoup d'autres, il possède un axe et des cotylédons très-simples et parfaitement distincts : il en est d'ailleurs de même dans toutes les Conifères.

La graine du Sapin est la plus grande de celles des Conifères de nos climats : elle est, de même que la semence des autres espèces de la fa-

Fig. 46. Formes de l'embryon dans les grains des Crucifères dessinées systématiquement de manière à les représenter vus de côté et en coupe transversale : *a.* L'axe de l'embryon ; *ct.* cotylédons ; *p.* la plumule. *I.* Pleurorhizées (Cheiranthus, Nasturtium, Cardamine, Alyssum, Draba, Cochlearia, Thlaspi, Iberis). *II.* Nothorizées (Hesperis, Sisymbrium, Erysimum, Camelina, Capsella, Lepidium, Isatis). *III.* Orthoplozées (Sinapis, Brassica, Diplotaxis, Crambe, Raphanus) IV. Spirolobées (Bunias).

mille, revêtue à sa plus large extrémité d'une aîle membraneuse (Pl. I. Fig. 9). Le spermoderme qui est d'un brun clair et entoure l'amande, contient plusieurs canaux, remplis d'une huile très-volatile et d'une odeur très-aromatique, ce qui n'a pas lieu pour le Pin, l'Epicea et le Mélèze (Pl. I. Fig. 4). Une amande blanche et oléagineuse (l'albumen) renferme l'embryon qui est droit au milieu de la semence (Pl. I. Fig. 8). Cet embryon, d'un aspect jaunâtre, se compose d'un axe cylindrique assez étendu dont la radicule est dirigée vers l'extrémité amincie et sans aîle de la graine, et de cotylédons, en nombre variable, qui entourent une petite gemmule conique (Plumule) (1). De la zone génératrice, qui se perd, au-dessus dans le tissu de la plumule, en dessous dans la plus jeune partie de la radicule, sortent des fascicules de cellules du cambium qui vont jusqu'aux cotylédons. La radicule est coiffée d'une piléorhize très-développée. La surface de l'axe, de même que la face inférieure des cotylédons, sont recouvertes d'un épiderme mince et sans stomates, ces petits organes étant exclusivement répartis à la face supérieure.

Le parenchyme de l'embryon renferme peu de fécule en grains très-fins ; mais par contre il contient de grandes quantités d'une autre substance grenue (probablement de l'aleurone). Une dissolution de sucre et d'acide sulfurique donne une teinte d'un rose vif à toutes les parties de l'embryon (2), tandis que, dans la tige développée ou dans les branches de la même plante, il n'y a que les cellules qui servent au développement ultérieur, par exemple celles de la zone génératrice, de la pointe de la tige, etc., qui prennent cette couleur. Cette réaction prouve, par conséquent, que toutes les cellules de l'embryon sont capables de multiplication, mais à un degré différent, par suite de l'inégale répartition des composés azotés.

Quand une graine de Sapin commence à lever, c'est la radicule qui perce en premier lieu l'enveloppe. La semence, recouverte d'une légère couche de terreau bien meuble, s'élève au-dessus du sol pendant que la radicule s'enfonce plus profondément en terre. Les cotylédons s'allongent et se dépouillent petit à petit du spermoderme qui tombe enfin sous forme d'involucre vide (Pl. I. Fig. 10). Après quoi, la jeune plante étend ses cotylédons verticillés et désormais colorés en vert (Fig. 47).

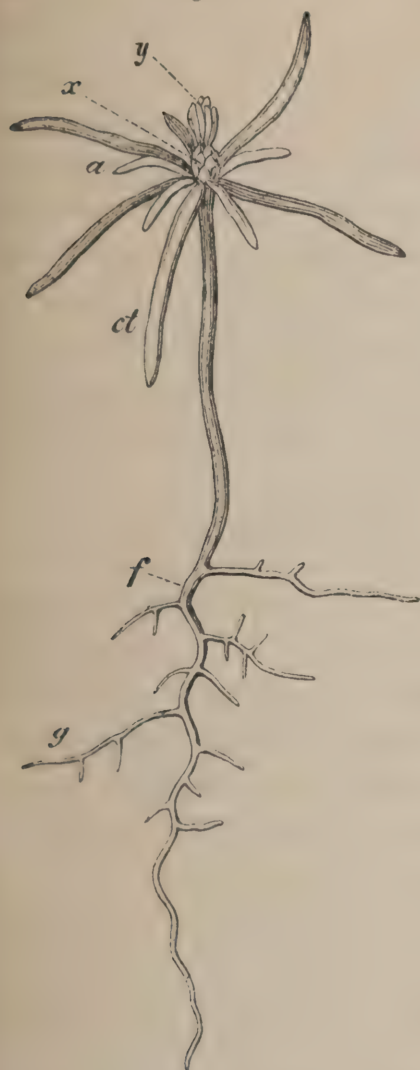
---

(1) Comparez la planche donnée pour le Pin (Fig. 11) dont la structure correspond à celle du Sapin.

(2) La coloration rouge produite par le sucre et l'acide sulfurique, est l'indice de la présence d'une grande quantité de substances azotées.

La partie de l'axe qui se trouve maintenant au-dessus de la terre, a pris une teinte rosée et celle qui se trouve en dessous du sol se colore en brun clair. Quant à la radicule, elle reste incolore et on discerne à son extrémité, au moyen de la loupe, la jeune piléorhize.

Fig. 47.



La germination du Sapin a lieu rarement avec quatre, ordinairement avec cinq à sept cotylédons. Si l'on fait une section longitudinale dans une jeune plante qui vient de se dépouiller de son spermoderme, on trouve, dans la zone génératrice de l'axe, les ébauches des faisceaux vasculaires avec quelques trachées. Leur nombre est déterminé par celui des cotylédons (Pl. I. Fig. 11).

On aperçoit entre ces derniers, sortant de la plumule, les rudiments des jeunes feuilles, les feuilles aciculaires proprement dites. Ces feuilles en même nombre que les cotylédons, sont placées comme nous le montre une coupe transversale, entre ces derniers et alternent par conséquent avec eux. A ce premier verticille foliaire succède bientôt un second, également formé par le tissu de développement de l'extrémité de la tige, c'est-à-dire par le cône de végétation dont la forme conique demeure intacte, et les éléments de ce nouveau verticille sont insérés entre les feuilles du premier; d'autres surviennent successivement et de la même manière.

Le jeune Sapin développe rarement, pendant la première année de son existence, plus d'un verticille de feuilles aciculaires ; les rudiments foliaires qui lui succèdent sont employés comme écailles protectrices et leur formation termine la croissance de la plumule. Il en résulte que cette dernière ne s'élève que fort peu pendant la permière année et ne pousse, la seconde année, qu'un jet d'environ un pouce de lon-

Fig. 47. Plantule de l'Abies pectinata au printemps de la seconde année : *a*. Les feuilles de la première année ; *x*. les appendices squammiformes, ou les écailles, du milieu desquels sort la pousse de seconde année (*y*) ; *ct*. les cotylédons ; *f*. le pivot ; *g*. racines secondaires.

gueur. Le véritable accroissement, en hauteur, du Sapin, ne commence réellement qu'à partir de la dixième ou de la douzième année.

La racine du jeune Sapin s'allonge d'abord sans se ramifier ; les premières petites racines latérales n'apparaissent qu'en été. J'appelle partout racine cette partie de l'axe de l'embryon qui se trouve en dessous des cotylédons et s'enfonce en terre ; elle se distingue de la tige qui sort de la plumule, particulièrement par le développement de son écorce, dont la partie extérieure, dans tous les cas dont j'ai fait l'investigation, meurt tôt et tombe sous la forme d'une membrane brune et ligneuse. La partie, au contraire, qui, dans les Conifères, le Hêtre, etc., se trouve entre la terre et les cotylédons, se nomme *collet* de la racine(1).

Petit à petit les faisceaux vasculaires du jeune Sapin, d'abord séparés, forment, par l'intermédiaire de la zone génératrice, un cylindre ligneux complet, qui traverse tant la racine que la tige encore jeune et très-courte.

Les cotylédons, près de deux fois aussi longs que les feuilles aciculaires proprement dites, restent pendant plusieurs années attachés à la jeune plante ; ils portent leurs stomates sur leur face supérieure, tandis que les feuilles aciculaires les portent sur la face inférieure ; ces stomates se présentent, dans les deux cas, disposés en séries longitudinales ayant l'apparence de raies d'un blanc d'argent. Les cotylédons se distinguent en outre des feuilles aciculaires proprement dites par le peu de développement ou l'absence totale des deux conduits résinifères.

Les écailles (Fig. 43), dont les verticilles alternants ferment de bonne heure le bourgeon, deviennent bientôt scarieuses ; elles ne contiennent pas de faisceaux vasculaires ; la jeune pousse de l'année suivante, déjà ébauchée en automne, passe l'hiver sous leur abri.

Quand, au printemps, cette dernière renverse ses écailles protectrices, celles-ci persistent en partie sous forme de petites écailles brunes et constituent ces appendices squammeux qui servent aux forestiers à déterminer l'âge d'une jeune plante ou celui des branches naissantes de Conifères (Fig. 47).

La tige du Sapin croît lentement pendant les premières années et les branches apparaissent rarement avant le troisième, mais généra-

---

(1) La notion de collet est assez controversée et les auteurs ne s'accordent pas sur la signification de ce terme : on donne souvent le nom de *tigelle* à cette partie de l'embryon que M. Schacht désigne comme étant le collet de la racine. (*Note du traducteur.*)

lement pendant le quatrième été. La racine principale, au contraire, le pivot, pénètre de plus en plus profondément en terre pendant que le nombre des racines latérales augmente.

La partie de la tige ou de la racine qui a été formée pendant une période de végétation (un été), ne grandit plus en longueur à partir de l'année suivante ; mais elle s'épaissit annuellement à l'aide de la zone génératrice ; la tige de nos arbres ne s'allonge annuellement que par son bourgeon terminal. Jusqu'à la dixième ou la douzième année, le Sapin, comme l'Epicea, ne pousse que fort peu en hauteur. Il en résulte qu'un arbre âgé de douze ans dépasse rarement deux pieds d'élévation.

A partir de la cinquième année environ, il produit des branches latérales vigoureuses et touffues et commence à donner de l'ombre, comme dit le forestier. Tout à coup, vers la douzième année, la maîtresse tige s'élève, pour former souvent en un seul été une pousse longue d'un pied. La formation des branches devient alors moins active, et par suite plus régulière. Dès lors cinq à six branches étalées et verticillées, naissent un peu plus bas que les appendices écailleux ; de la pousse principale et sur ces branches, en dessous de chaque appendice, se forment deux petits rameaux latéraux qui sont horizontaux comme les branches. La partie inférieure de la tige se trouvant ainsi sous l'ombre de la couronne et privée de lumière, perd petit à petit ses branches, tandis que les verticilles de la partie supérieure s'élargissent et s'étendent de plus en plus. L'accroissement en hauteur de l'arbre dure de cette façon jusque vers la cinquantième année ; alors le Sapin a une hauteur considérable et il est parvenu à sa floraison.

A partir de cette période l'allongement de la tige devient plus lent et l'extrémité, jusqu'alors conique, de sa cîme, prend la forme d'un dôme.

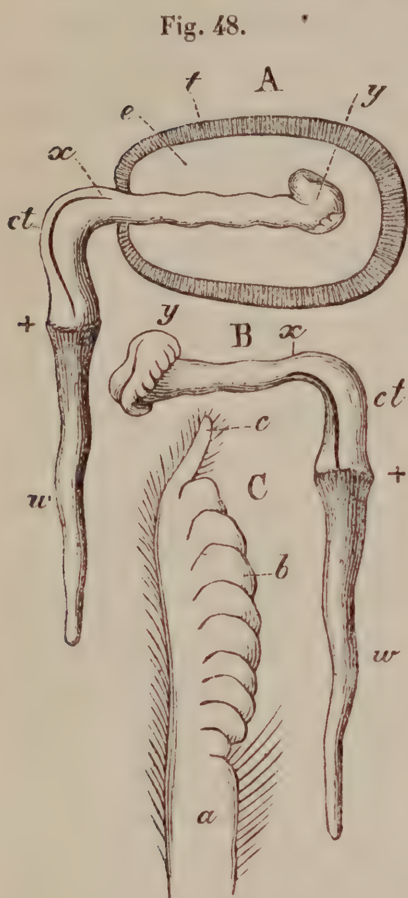
L'allongement du Pin diminue aussi à partir d'un certain âge et dès lors sa couronne s'élargit; l'Epicea, au contraire, s'élève vigoureusement aussi longtemps qu'il pousse avec force et, pour cette raison, sa couronne reste toujours conique.

L'Epicea (*Picea vulgaris* Link) germe avec 6–10, en général avec 9 cotylédons. Le Pin (*Pinus sylvestris*) et le Mélèze (*Larix europea*) développent 5–7, le plus souvent 6 cotylédons. Le Thuya (*Thuya orientalis*) et l'If (*Taxus baccata*) germent toujours avec 2 cotylédons seulement. Dans l'*Araucaria brasiliensis*, les deux cotylédons ne quittent pas la graine (Pl. II. Fig. 38 et 39), mode de germination analogue

à celui des Cycadées ; seulement les cotylédons des Araucarias sont libres, tandis que ceux des Cycadées sont soudés à l'extrémité (Fig. 48).

Dans toutes les Conifères, de même que chez les Cycadées, le nombre des faisceaux vasculaires formés dans la zone génératrice de l'axe de l'embryon correspond au nombre des cotylédons existants. Dans le Thuya et le Zamia, il se forme toujours deux faisceaux vasculaires ; dans le Sapin, le Pin, l'Epicea et le Mélèze, au contraire, il s'en forme exactement autant qu'il existe de cotylédons. Les faisceaux vasculaires formés pendant la germination dans la zone génératrice, développent progressivement le cylindre ligneux de la tige et de la racine. De même que dans l'embryon les groupes de cambium des cotylédons paraissent être la continuation des groupes de cambium de la zone génératrice, de même les faisceaux vasculaires des cotylédons, formés dans le sein de ce tissu, sont en liaison directe avec ceux du cylindre ligneux.

Fig. 48.



Le nombre des cotylédons correspond également au nombre des feuilles du premier verticille de la jeune plante. Il n'y a que l'Epicea qui fasse ici exception en ce que son premier verticille, sans avoir égard au nombre des cotylédons, se compose de quatre feuilles et que celles qui suivent sont déjà disposées en spirale autour de la jeune tige. Le Thuya développe, en premier lieu, deux feuilles qui alternent avec les deux cotylédons : le verticille suivant est formé, au contraire, de quatre feuilles.

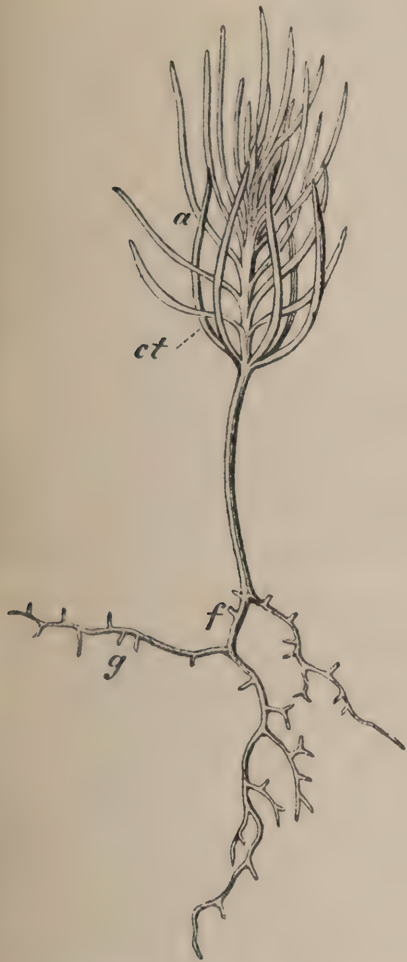
Dans le Sapin, le Pin et le Mélèze, les feuilles du premier verticille alternent toujours avec les cotylédons (Pl. II. Fig. 12).

Fig. 48 Germination du Zamia spiralis. *A*. Coupe longitudinale de la graine; *t*. partie ligneuse interne du spermoderme ; *e*. l'albumen. Les deux cotylédons (*ct*) sont en *x* soudés ensemble ; un seul d'entre eux est développé à son extrémité *y* en une jeune fronde (feuille). La limite entre la tige et la racine (*w*) est désigné par une +.

B. Embryon isolé. La notation est la même que pour la fig *A*. (grandeur naturelle). *C*. Une très-jeune fronde grossie 8 fois : *a*. rachis de la fronde ; *b*. les pinnules ; *c*. extrémité du rachis.

La radicule de l'embryon de toutes les Conifères se fait jour la première à travers les enveloppes séminales ; après que l'albumen est consommé, le spermoderme est rejeté par suite du développement des cotylédons qui se colorent en vert dès qu'ils viennent au jour. Ils restent pendant plusieurs années remplis de sève dans le Sapin qui, la première année, ne forme qu'un verticille de feuilles (Fig. 47). Dans le Pin et l'Epicea, au contraire, qui, dès la première année, donnent un jet recouvert d'un grand nombre de feuilles (Fig. 49), ils se dessèchent déjà pendant le premier été, et dans le Mélèze, dont les feuilles se détachent en automne, ils tombent de la tige en même temps que celles-ci.

Fig. 49.



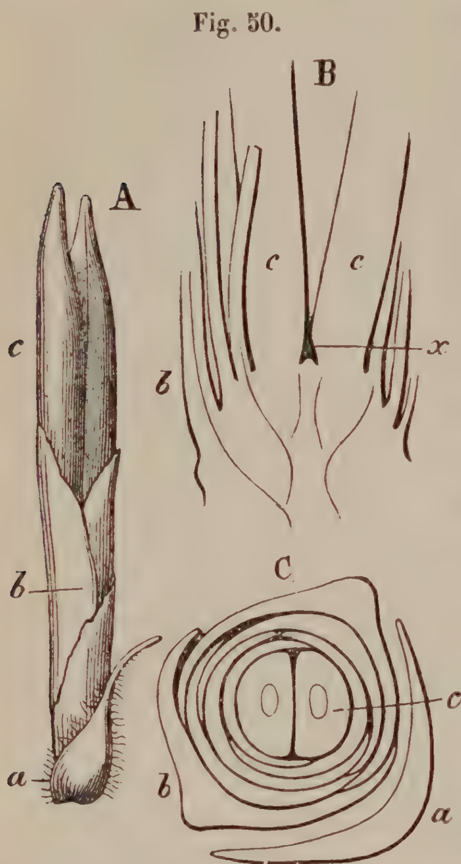
On sait que nos Pins ont les feuilles réunies par paires et enfermées à la base dans une gaîne formée d'écailles membraneuses (Fig. 50). Ces deux feuilles manquent la première année à la jeune plantule issue de graine et qui, résultant du développement de la plumule, porte des feuilles caractéristiques ou aciculaires (Fig. 49), pourvues d'un système vasculaire central et de deux conduits résinifères. La pousse de la seconde année présente, au contraire, des feuilles doubles qui sortent d'un bourgeon développé à l'aisselle d'une feuille proprement dite ; mais cette feuille reste dans ce cas scarieuse et sert d'écaille protectrice au bourgeon (Pl. II. Fig. 21 et 22). Lorsque plus tard le jeune Pin forme des feuilles aciculaires doubles, quelquefois à partir du premier été, ces écailles protectrices du bourgeon prennent alors une forme aciculaire (voyez chap. III).

Les fascicules de feuilles du Mélèze n'apparaissent jamais non plus sur la plantule d'une année, qui, de même que l'embryon des autres Conifères, ne possède que des feuilles aciculaires simples. La pousse de la seconde année ne porte même pas encore de fascicules de feuil-

Fig. 49. Plantule du Pinus sylvestris pendant le premier été : *a*. Tige développée par la plumule ; *ct*. les cotylédons ; *f*. le pivot ; *g*. racines secondaires.

les, mais ceux-ci se forment sur l'axe des bourgeons aciculaires qui se développent au printemps suivant (voyez chap. III).

Dans le Pin des Canaries, l'embryon produit, plusieurs années de suite, des pousses à feuilles simples, mais lorsque le jeune arbre forme des branches, trois feuilles réunies, représentant le feuillage d'une branche raccourcie, apparaissent à l'aiselle de chaque feuille restée écailleuse.



Les jeunes plantules des Conifères, que nous venons d'examiner, ne sont pas difficiles à distinguer lorsqu'on les connaît bien (Pl. I. Fig. 10 et 30; Pl. II. Fig. 11 et 29). L'embryon du Sapin est le plus grand et, nonobstant cela, il produit dans la première année le plus petit jet caulinaire ; sa racine, au contraire, pénètre très-profondément en terre, de sorte qu'il s'enracine en général très-solidement et pour cette raison résiste très-bien aux coups de vent et aux orages.

L'Epicea produit quelquefois dès la première année un rameau latéral (Pl. I. Fig. 31) ; ce qui n'arrive jamais dans le Sapin, le Pin et le Mélèze. Les semis de ces deux dernières essences forment, si les conditions sont favorables, une forte tige principale dès la seconde année, tandis que les rameaux ne se montrent guère que pendant la troisième année : ils ne deviennent d'ailleurs jamais aussi touffus que les plants de Sapin et d'Epicea, qui, dans les premières années de leur existence, dépensent presque toute leur force à la formation de branches latérales. Un Pin ou un Mélèze de dix ans a pour cette raison deux ou trois fois la hauteur d'un Sapin ou d'un Epicea de même âge.

Fig. 50. *A*. Rameau du Pin commun (Pinus sylvestris) avant qu'il ne se soit complétement développé (gross. 8 fois). *a*. Écaille du bourgeon axillaire, qui s'est développé en rameau raccourci. *B*. La gaîne formée de deux feuilles membraneuses qui appartiennent au bourgeon axillaire lui-même. *c*. L'une des deux feuilles aciculaires. *B*. Coupe longitudinale de ce même rameau. *b*. *c*. comme en *A* ; *x*. le petit cône végétatif situé entre les deux feuilles aciculaires. *C*. Coupe transversale passant à travers la base d'un rameau raccourci avant son développement : la notation est comme en *A*. et B. — (*B*. et *C*. sont gross. 20 fois).

L'embryon du Hêtre, renfermé dans une graine triangulaire, est pourvu de deux cotylédons très-grands et qui sont plissés plusieurs fois sur eux-mêmes (Pl. III. Fig. 26). L'axe de l'embryon est ici très-petit et l'albumen manque, l'embryon l'ayant déjà absorbé. La plumule porte immédiatement à son sommet son tissu le plus récent, tandis que la radicule possède, au contraire, une piléorhize qui recouvre son tissu le plus nouveau. Dans la zone génératrice, on aperçoit l'ébauche de huit faisceaux vasculaires.

La moëlle et l'écorce de l'embryon contiennent de la fécule ; dans les cotylédons, au contraire, se trouve une grande quantité d'huiles grasses. Le spermoderme n'est pas encore rejeté que déjà la radicule a pénétré profondément dans la terre. Peu à peu les cotylédons se développent, l'huile grasse disparaît insensiblement de leurs cellules où elle est remplacée par de la fécule et de la chlorophylle (Pl. III. Fig. 28 et 29).

Le jeune Hêtre pousse alors deux feuilles opposées qui alternent avec les deux cotylédons. La partie de la plumule qui se trouve sous ces feuilles, s'élève ensuite de un à deux pouces, et devient ainsi le premier mérithalle de la nouvelle plante (1). Après cela le bourgeon se referme souvent, mais il n'est pas fort rare qu'il pousse encore une troisième feuille qui, se trouvant seule, est pourvue des deux côtés, d'une petite stipule lancéolée et bientôt flétrie. Toutes les feuilles qui suivent sont désormais munies de stipules bien développées (Pl. III. Fig. 20), et qui servent d'enveloppe au bourgeon. Les cotylédons, dont la face inférieure est munie de stomates, restent colorés en vert jusqu'en automne et tombent assez généralement de la tigelle avant les feuilles.

Les semis de Hêtre produisent quelquefois une seconde pousse pendant la première année de leur existence ; c'est que le bourgeon déjà fermé se déplie encore une fois. Dans ce cas, la jeune plante acquiert dès la première année une élévation de six à huit pouces et son pivot pénètre au moins aussi profondément dans le sol. Sa croissance se fait avec une lenteur relative dans les années suivantes. Un Hêtre de six à huit ans est encore une plante frutescente.

La graine du Bouleau, très-tenue et aîlée des deux côtés (Fig. 51), renferme un embryon encore plus exigu. Les deux cotylédons charnus

---

(1) On appelle mérithalle ou entrenœud la partie d'une branche qui sépare deux feuilles ou deux verticilles superposés.

et ovales se dessèchent aussitôt que la plante a produit quelques feuilles (Pl. IV. Fig. 46). La même chose a lieu pour la semence très-mince de l'Aune, mais la plantule de ce dernier se distingue à sa racine ramifiée et munie de petits renflements arrondis (Pl. IV. Fig. 33). Les premières feuilles de ces deux plantes sont petites et d'une forme complétement différente de celle des feuilles de l'arbre tout-à-fait formé. Le Bouleau et l'Aune croissent relativement vite pendant les premières années. Les feuilles d'un Bouleau d'un an sont fortement pubescentes, tandis que celles d'un arbre plus âgé (*Betula alba*) paraissent presque glabres. Dans les Erables et dans l'Orme (Fig. 52, *II* et *III*), dont la graine est exalbuminée, les cotylédons se distinguent aisément par leur forme des feuilles caractéristiques qui n'ont d'ailleurs que peu de ressemblance avec les premières feuilles de la plantule.

Fig. 51.

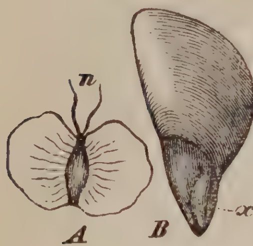
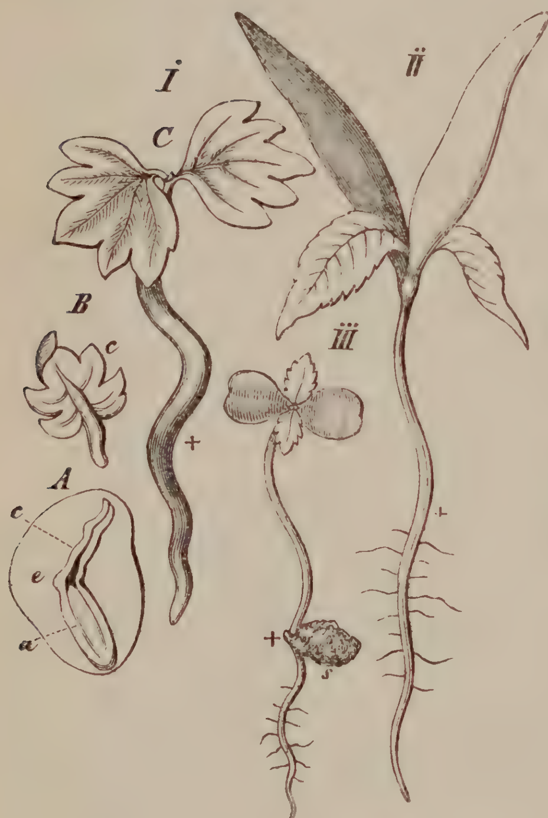


Fig. 52.



Dans le Tilleul, qui a une graine albuminée, les cotylédons sont profondément divisés Fig. 52, *I*).

L'embryon du Chêne occupe tout l'intérieur du fruit nommé gland; rarement deux embryons se trouvent dans le même gland. Les cotylédons, gros et épais (Pl. III. Fig. 10), sont remplis de fécule et traversés de faisceaux vasculaires ramifiés, dans lesquels on distingue des trachées, même avant la germination. L'axe fort raccourci de l'embryon se trouve vers l'extrémité amincie du gland;

Fig. 51. *A*. Fruit ailé (*Samare*) du Bouleau (*Betula alba*); *n*. les deux stigmates. *B*. La graine ailée du Sapin (*Abies pectinata*); *x*. un canal résinifère creusé dans le tégument simple de la graine.

Fig. 52. Germination *I*. Tilia europaea. *A*. Coupe longitudinale d'une graine; *a*. l'axe de l'embryon; *c*. cotylédons; *e*. albumen. *B*. Embryon séparé de son albumen. *C*. Plantule à cotylédons pectinés. *II*. Plantule de l'Acer platanoïdes. *III*. Plantule de l'Ulmus campestris. La limite de la tige et de la racine (le *collet*) est indiquée par une +.

il est pourvu d'une plumule, d'une radicule, ainsi que d'une zone génératrice. Lorsque le gland germe, la racine sort du péricarpe et elle est déjà longue de plusieurs pouces, avant que la plumule ne s'élève. Le gland lui-même reste en terre ; ses cotylédons sont dépourvus d'épiderme et de stomates et servent à fournir, au moyen de leur fécule, les éléments carbonés nécessaires à la nourriture de la jeune plante. Ils se conservent, jusqu'à la troisième année, dans l'intérieur du gland, reliés à la plantule et se décomposent alors graduellement. La jeune tige ne forme au commencement pas de feuilles bien développées, mais elle est plutôt couverte de petites écailles isolées qui, plus haut, s'élèvent en spirale le long de la tige ; ces écailles se rapprochent ensuite et on en trouve deux l'une à côté de l'autre ; enfin, tandis qu'elles prennent une forme subulée, on voit apparaître entre elles une véritable feuille, mais à la vérité encore fort réduite ; ces écailles sont donc des stipules. On ne reconnaît aucune régularité dans l'insertion des feuilles d'un jeune plant de chêne (Pl. III. Fig. 11).

Le Chêne, dans la première année, produit selon que les circonstances sont favorables ou défavorables, une pousse plus ou moins longue et son pivot pénètre profondément dans le sol. Le Châtaignier, le Marronnier et le Noyer se comportent comme le Chêne et ils n'élèvent pas leurs cotylédons au-dessus de la terre ; les Lauriers-Thyms germent de la même manière. Le pois n'étale pas ses cotylédons, mais la fève et les lupins soulèvent les leurs au-dessus du sol. L'Araucaria, comme nous l'avons déjà dit, germe parmi les Conifères de la même manière que le Chêne et le pois, quoique ses graines soient albuminées comme le sont celles de toutes les Conifères (Pl. II. Fig. 39).

Il se forme dans la tige et la racine de tous les arbres que j'ai examinés, dès la première année de leur existence, un cylindre ligneux complet, traversé par des rayons médullaires et résultant de l'organisation du système vasculaire dans la zone génératrice ; ce bois d'une plantule correspond déjà en automne, par sa structure, à celui de l'année suivante.

Si nous abordons maintenant les Monocotylédones et spécialement les Palmiers, nous voyons que la petite graine arrondie du *Chamædorea Schiedeana*, qui est très-commun dans nos serres, germe facilement et souvent d'elle-même. Celle-ci renferme, dans un albumen blanc et corné, un très-petit embryon (Fig. 53 *em*) consistant en un grand cotylédon (*ct*) qui enveloppe le petit axe dont il n'est pas nettement distinct.

Cet axe montre, d'un côté la plumule (*a*), déjà entourée de deux feuilles rudimentaires (*b* et *c*), de l'autre l'ébauche de la première racine (*r*). Dès le commencement de la germination, le cotylédon s'étend et consomme graduellement le contenu et les parois épaissies de l'albumen. La radicule perce en premier lieu le spermoderme et elle est bientôt suivie de la tige. Les trois premières feuilles de la jeune plante (*b*, *c* et *d*) sont privées de limbe et la quatrième (*e*) seule atteint un développement parfait.

Fig. 53.



Le Dattier (*Phœnix dactylifera*) se comporte d'une manière un peu différente pendant la germination, en ce que, par un allongement considérable de la partie vaginale du cotylédon unique entourant la plumule, l'ébauche de la jeune plante est enfoncée de plusieurs pouces dans la terre; cet enfouissement atteint, dans d'autres genres de Palmiers, jusque plusieurs pieds de profondeur. La troisième feuille du Dattier se développe déjà complétement (Fig. 54).

Dans le Cocotier, dont la noix est pourvue de trois orifices de germination, l'embryon sort par l'une de ces ouvertures, et si trois embryons s'y trouvent renfermés, chaque orifice peut produire son jeune Palmier.

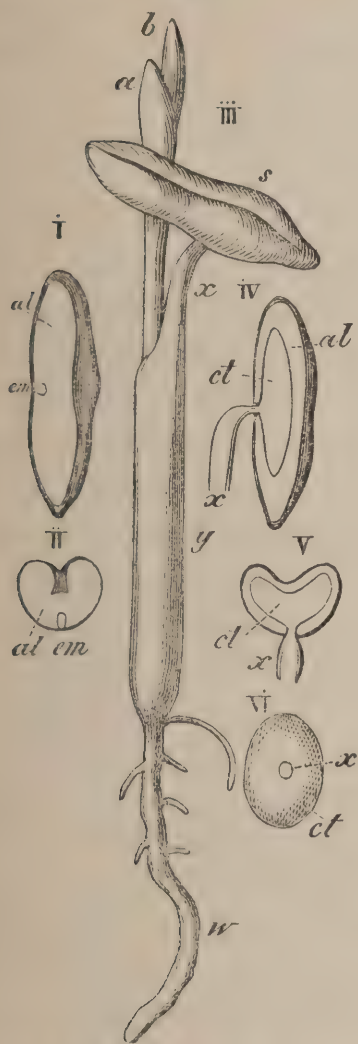
La germination de nos céréales se fait d'une manière analogue à celle des Chamœdorea, mais avec cette différence, que la première feuille de la plumule est la seule qui reste à l'état de gaîne et ne développe pas de limbe; qu'en outre chez quelques espèces, par exemple le Froment et le Seigle, il existe déjà dans l'embryon plusieurs ébauches de racines (Fig. 44).

La germination du petit nombre de plantes que nous venons d'étudier, nous donne peu d'éclaircissement sur la signification physiologique des cotylédons.

Fig. 53. Graines du Chamœdorea coupées transversalement avant et au commencement de la germination, longitudinalement en passant par le milieu de l'embryon (gross. 25 fois), et enfin une jeune plantule au moment où elle vient de développer sa quatrième feuille (*e*); *a*. cône végétatif de la plumule; *b*. première; *c*. deuxième; *d*. troisième; et *e*. quatrième feuille; *al*. l'albumen; *ct*. le cotylédon; *em*. l'embryon.

Dans les Conifères dont l'embryon est enveloppé d'un albumen, les cotylédons servent d'abord à l'absorption des substances nutritives provenant de cet organe; leur face inférieure est, à cet effet, revêtue d'un épiderme mince propre à absorber les matières liquides. Lorsque l'albumen est consommé et le spermoderme rejeté, ces mêmes cotylédons, à l'instar des autres feuilles, pourvoient à l'élaboration des éléments nutritifs de l'atmosphère et ils possèdent, pour cette fin, sur leur face supérieure, un épiderme parsemé de stomates. Dans le Hêtre, le Bouleau et l'Aune, qui ne possèdent pas d'albumen, les cotylédons commencent par nourrir la jeune plante, mais seulement pendant fort peu de temps et cela par les matières nutritives amassées dans leur intérieur; leur face inférieure est, de même que celle des feuilles de ces arbres, pourvue de stomates; aussi servent-ils, dès qu'ils sont débarrassés de l'enveloppe séminale, aux mêmes usages que les feuilles proprement dites.

Fig. 54.



Le jeune Hêtre, dont les feuilles sont peu nombreuses, conserve ses grands cotylédons jusqu'en automne, parce qu'ils sont nécessaires à la nutrition du jeune arbre. Le Bouleau et l'Aune, au contraire, qui dès la première année se garnissent déjà d'un assez grand nombre de feuilles, peuvent bientôt se passer de cotylédons et ceux-ci se dessèchent de bonne heure. Les gros cotylédons du Chêne, du Marronnier et du Noyer, qui abondent en matières nutritives, suppléent en quelque sorte à l'absence de l'albumen; ils restent toujours sous le sol, ne gran-

Fig. 54. Phœnix dactylifera *I.* et *II.* Coupes longitudinale et transversale de la graine; *em.* l'embryon; *al.* l'albumen. *III.* Plantule en germination; *s.* la graine; *x.* le prolongement du cotylédon; *y.* partie vaginale de ce dernier engaînant la tige; *a.* et *b.* premières feuilles de la plantule; *w.* le faux pivot. *IV* et *V.* Coupes longitudinale et transversale de la graine à ce moment de la germination; *ct.* partie du cotylédon destinée à l'absorption de l'albumen (*al*); *x.* la partie du cotylédon qui se prolonge sous forme pétiolaire. *VI.* Partie du cotylédon restée dans la graine et isolée qui a prise une forme peltée. *x.* insertion de la portion pétiolaire vue d'en haut.

dissent pas, mais sont au contraire dépouillés de leur contenu par la plante en germination, puis finissent par moisir en terre.

Enfin le cotylédon des Palmiers et des céréales sert à l'absorption de l'albumen ; il reste, comme le cotylédon du gland, dans le spermoderme où il croît et grandit proportionnellement à la diminution de l'albumen qui est consommé par lui.

Les stomates manquent aux cotylédons du Chêne et du Châtaignier, ainsi qu'à ceux des Palmiers ; ils leur seraient d'ailleurs inutiles, puisque ces cotylédons ne viennent jamais à l'air et ne se comportent pas comme les véritables feuilles à l'égard des principes nutritifs de l'atmosphère. Le cotylédon du Palmier et celui des Graminées meurent aussitôt que l'albumen est absorbé, leur rôle étant dès lors terminé.

La fonction des cotylédons est donc, dans tous les cas et avant tout, de fournir à la jeune plante en germination les aliments carbonés qui lui sont nécessaires. Il semble reconnu en revanche que les substances azotées qu'ils contiennent ne suffiraient pas à la nutrition de l'embryon qui en puise encore dans le sol avec d'autres principes chimiques. Dans tous les cas, c'est la racine qui sort la première de la graine et elle se développe dans les premiers temps toujours avec plus de vigueur que ne le fait la tigelle. Si l'on tire de terre un gland qui germe et qu'on le transporte dans une atmosphère humide, la racine continue à grandir avec force pendant quinze jours et développe un grand nombre de racines latérales, mais alors il meurt, bien que les cotylédons soient encore tout remplis de fécule ; la privation des principes nutritifs et spécialement des matières azotées que la plante s'attend à trouver dans le sol, doit être ici considérée comme la cause déterminante de cette mort. D'un autre côté, quand le Hêtre qui vient de sortir de terre perd ses cotylédons par une nuit de gelée, il meurt infailliblement, quoique la racine n'ait pas souffert du froid ; s'il ne périt qu'un cotylédon, la plante ne meurt pas, mais elle reste longtemps chétive.

On constate de notables différences dans la manière dont se comportent les cotylédons, même entre des plantes très-voisines. Ainsi le Hêtre élève ses cotylédons au-dessus de la terrre, tandis que le Marronnier et le Chêne les enfoncent en terre. Toutes les Conifères étalent leurs cotylédons à la lumière dès l'instant où l'albumen est consommé, mais les Araucaria et les Cycadées les maintiennent au contraire pour toujours sous le sol. Le pois suit l'exemple du Chêne tandis que la fève

et le genre lupin développent leurs cotylédons au-dessus de la terre. Chaque espèce est donc caractérisée dès l'origine par quelques particularités.

Naguère on considérait comme un caractère distinctif de la racine, la tendance qu'elle possède de se diriger de haut en bas. Les racines latérales ou secondaires qui généralement suivent une direction horizontale, nous prouvent que cette tendance n'est pas générale; d'un autre côté les branches du Frêne et du Houx pleureurs, qui grandissent en se dirigeant vers le bas, sont une nouvelle objection à cette ancienne opinion. Les tiges fructifères de l'Arachide ou Pistache de terre (*Arachis hypogœa*) confirment encore notre manière de voir ; après avoir fleuri, elles s'enfoncent perpendiculairement dans le sol (*tiges hypocarpogées*), en sorte que le fruit murit sa graine en terre. Cette théorie a cependant cela de vrai que la racine principale ou pivot d'une jeune plante dicotylédone tend constamment à descendre, tandis que la tigelle se dirige toujours vers le haut; le Chêne est un exemple irrécusable de ces deux tendances opposées : la radicule et la tigelle prennent invariablement la direction qui leur est propre, quelle que soit la position du gland dans le sol. Ainsi, s'il se trouve dans la terre avec sa grosse extrémité en dessous, la torsion est complète puisque la jeune racine de même que la jeune tige doivent se retourner totalement, ce qu'on reconnaît encore dans l'arbre âgé de cinq ou six ans (Fig. 55. *B*).

La jeune radicule de toutes les plantes qui portent leurs cotylédons au-dessus de la terre, se retourne ainsi, quand la semence n'est pas convenablement placée (Fig. 56).

On recommande quelquefois de pincer l'extrémité de la racine des jeunes plants de Chêne après l'apparition de la première racine. Il se forme dans ce cas deux ou trois racines latérales plus fortes qu'elles ne le seraient sans cette opération et on croyait par conséquent favoriser l'absorption des principes nutritifs du sol au profit de la jeune plante. Cependant nos observations ne sont pas favorables à cette opinion. Les deux ou trois racines latérales survenues après cette opération, ne valent en aucun cas la racine principale seule, qui est beaucoup plus forte et qui, par son grand nombre de racines latérales, suffit très-bien à la nutrition du jeune arbre.

La nature connaît mieux que nous ce qui convient à ses enfants et l'homme ne doit jamais la contrarier dans ses œuvres lorsqu'il s'agit d'obtenir des arbres sains et forts. Nos plantes cultivées ne devien-

nent que trop souvent maladives parce que nous changeons ou restreignons plus ou moins leur mode de vie normal, par ignorance ou à dessein, et pour les rendre propres au but que nous avons en vue. Ainsi, pour obtenir beaucoup de fleurs et de fruits, nous dérobons à l'arbre les jeunes branches qui consommeraient sa sève; voulons-nous obtenir une longue tige, nous élagons la plupart des branches, de sorte que toute la force de l'arbre se concentre sur la pousse principale; voulons-nous enfin obtenir beaucoup de branches ou une couronne puissante, nous supprimons la tête du jeune arbre. Ces diverses opérations ne sont pas normales et elles agissent en modifiant complétement la vie de l'arbre, ainsi que de toute plante. On exige parfois de l'arbre forestier, des tiges longues et droites, un bois plus compact, à couches plus minces, ce qui s'obtient par la culture dans des endroits couverts. Mais on doit étudier dans la nature les particularités propres à chaque essence. Pour former de beaux arbres et de belles promenades, chaque espèce d'arbre exige des conditions extérieures spéciales à son genre de vie.

Fig. 55.

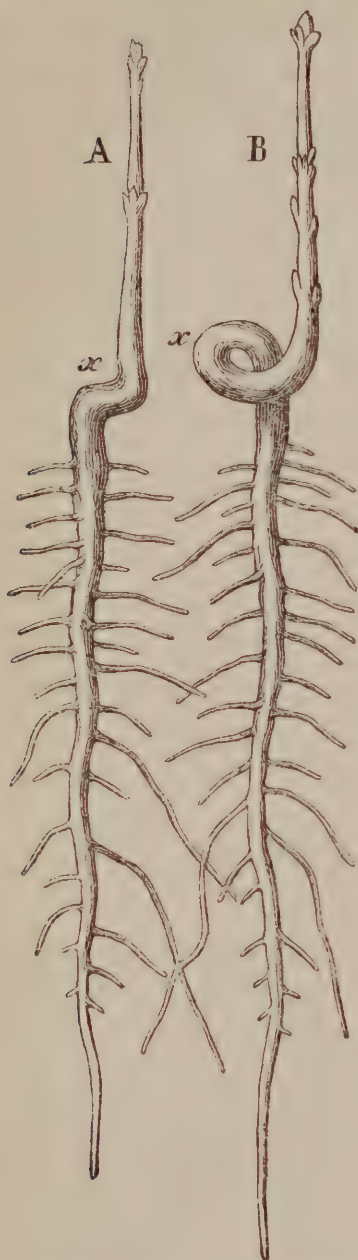
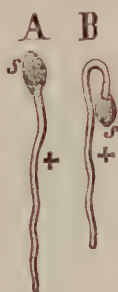


Fig. 56.



Les jeunes Sapins et les jeunes Epiceas réussissent parfaitement dans un emplacement ombragé; aussi les élève-t-on le plus sûrement dans un bois formé de ces mêmes essences. Le Hêtre et le Chêne demandent, au contraire, pour leurs premières années, un emplacement bien éclairé et ils ne réussissent pas aussi bien à l'ombre. En général chaque plante a déjà dès sa naissance,

Fig. 55. Plantule de deux ans du Chêne. En *A* l'axe de l'embryon est droit dès l'origine, en *B* la tigelle et la radicule ont dû se redresser pendant la germination; *x*. le collet.

Fig. 56. Graine en état de germination du Picea vulgaris. *A*. Graine convenablement située. *B*. Graine renversée de telle sorte que la racine doit se recourber pour s'enfoncer en terre. La + indique le collet.

ses particularités ; je dirai même que chaque individualité végétale ne ressemble pas complétement à l'autre. Ne trouve-t-on pas, dans la même plantation, des jeunes arbres à côté l'un de l'autre et qui sont très-différents quant à leur degré de développement ; l'un est plus fort que l'autre ; l'un donne une seconde pousse et l'autre n'en produit pas. De même qu'un animal ne ressemble pas complétement à un autre, de même une plante ne se comporte pas absolument de la même manière qu'une autre.

La germination des Monocotylédones ne se distingue pas seulement de celle des Dicotylédones par l'unité du cotylédon, mais encore par le mode de formation de la première racine. Chez les Dicotylédones la radicule de l'embryon devient elle-même la première racine (Fig. 11). Toutes les Dicotylédones germent avec un vrai pivot qui représente le développement de la radicule. Le pivot meurt, il est vrai, de bonne heure chez quelques espèces, et il est remplacé par des racines secondaires ou latérales. L'ébauche de la première racine des Monocotylédones, au contraire, renfermée dans l'intérieur de l'embryon, doit percer les tissus de ce dernier absolument de la même manière que les racines secondaires ou latérales percent le tissu de l'écorce. Un Palmier, par exemple, ne germe jamais avec un vrai pivot (Fig. 53). La seule exception connue à cette loi est celle des Typhas qui germent avec un véritable pivot représentant la prolongation directe de la radicule et dans lequel le faisceau vasculaire central des cotylédons se prolonge directement. La plupart des Graminées lèvent avec plusieurs racines secondaires.

Il existe aussi une germination chez les Cryptogames supérieures, bien que l'embryon proprement dit, c'est-à-dire la jeune plante produite par reproduction sexuelle, se développe seulement pendant la germination. La spore (semence) des Fougères, qui nous intéresse le plus ici, vu que ces plantes deviennent quelquefois arborescentes, produit d'abord une membrane de cellules vertes (Fig. 57), le proembryon ou prothalle. Sur celui-ci apparaissent deux espèces d'organes, l'anthéridie (Fig. 58 x), dans laquelle se forment les anthérozoïdes, et l'organe embryonaire (*keimorgan*) (Fig. 58 y), dans lequel une vésicule embryonaire (*keimblasche*) libre se développe, après la fécondation et par multiplication de cellules, en un petit corpuscule arrondi que l'on peut considérer comme le véritable embryon. Ce dernier forme en effet d'un côté le cône de végétation de la tige, de l'autre l'ébauche de la première racine. La première feuille apparaît sous le cône de végétation

caulinaire et l'ébauche de la première racine se transforme directement en racine. Tous les deux percent l'organe embryonaire (*keimorgan*), la feuille s'élève en hauteur et la racine pénètre dans le sol; elle est, conformément à toutes les vraies racines, revêtue d'une piléorhize. La plante embryonaire forme ensuite successivement de nouvelles feuilles et de nouvelles racines, mais le prothalle, qui pour-

Fig. 57.

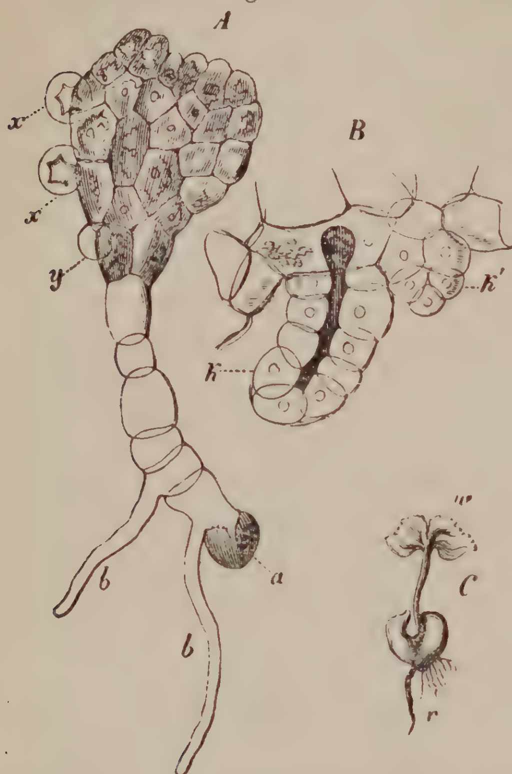
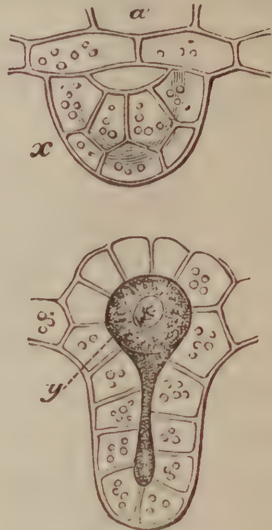


Fig. 58.



voyait dans les premiers temps à la nutrition de la jeune plante, en élaborant les principes nutritifs qu'il extrayait de l'atmosphère au moyen de sa surface supérieure verte et foliacée, et en absorbant les matières alimentaires contenues dans le sol à l'aide de ses nombreuses papilles radicales insérées sur la face inférieure, meurt et se dessèche aussitôt que la plante embryonaire a pris racine et a formé quelques feuilles.

L'organe embryonaire, de même que les anthéridies, se forme sur la face inférieure du prothalle; le premier est l'appareil femelle, et

Fig. 57. Germination d'une Fou ère (Pteris serrulata). *A*. Le prothalle, issu d'une spore (*a*); *b*. papille radicale; *x*. et *y*. anthéridies (gross. 80 fois). *B*. Partie d'une coupe longitudinale à travers d'un prothalle plus développé; *k*. un organe embryonaire dont le col (Halstheil) ne s'est pas encore ouvert; *k'*. organe germinatif très-jeune (gross. 200 fois). *C*. Jeune plante de grandeur naturelle avec son prothalle; *w*. première fronde (feuille); *r*. première racine.

Fig. 58. Pteris serrulata; *x*. l'anthéridie; *y*. organe embryonaire encore fermé à sa pointe et renfermant le globule reproducteur (gross. 300 fois).

l'anthéridie, au contraire, l'appareil mâle. Le prothalle sert ici, de même que les cotylédons des plantes phanérogames, à la première nourriture du germe et périt, comme ceux-là, aussitôt que la jeune plante n'en a plus besoin.

D'après les observations de Hofmeister (1) et de Milde (2) la spore des Prêles (*Equisetum*) germe de la même manière ; les Lycopodiacées et les Rhizocarpées forment aussi, d'après Hofmeister et Mettenius (3), un prothalle sur lequel apparaît un organe embryonaire. Ce prothalle ne devient pas foliacé, mais il reste sur la spore sous forme d'une coiffe verte. Enfin les *Chara* (les Charagnes de nos marais) n'ont pas besoin de prothalle, car leur organe embryonaire, que l'on a considéré à tort jusqu'à présent comme la spore, se forme sur la plante même et la jeune plantule en sort plus tard.

Chez les Cryptogames inférieures, qui sont dépourvues de tige et de racine, les Champignons, les Lichens et les Algues, la spore produit un filament cellulaire qui, insensiblement et par un accroissement continu des cellules, forme une nouvelle plante. Les Mousses et les Hépatiques elles-mêmes, qui sont pourvues de tiges et de feuilles, mais qui ne présentent pas de vraies racines, ne possèdent pas de véritable prothalle. De leur spore surgit une formation cellulaire souvent (chez beaucoup d'Hépathiques) confervoïde qui, à certains endroits déterminés, produit des bourgeons hors desquels se développent de petites tiges. Ce prétendu prothalle des Mousses et des Hépathiques ne porte jamais ni des anthéridies ni des organes embryonaires, et l'appareil sexuel se forme seulement sur la plante développée. L'organe femelle ou sporange ne forme pas de jeune plante, mais il développe plutôt, après la fécondation, le fruit et son pédicelle ; chez les Mousses, celui-ci croît pendant sa jeunesse et il élève l'épigone servant de coiffe au sporange ; au contraire, chez les Hépatiques, ce pédicelle s'élève subitement au moment de la maturation du fruit et alors perce l'épigone à son extrémité. Cette diversité de structure est le meilleur moyen de distinguer les Mousses des Hépatiques.

On trouve, suivant les espèces, les organes des deux sexes tantôt réunis sur une même plante ou bien séparés sur des pieds différents. Lorsque les anthéridies manquent, chez les Mousses et les Hépatiques,

---

(1) W. Hofmeister, Germination des Cryptogames supérieures. Leipzig. 1851.
(2) Milde, Acta Academiæ Leopold. Carol. Vol. XXIII. P. II.
(3) Mettenius, Essai Botanique. Heidelberg. 1850.

l'organe femelle ne développe pas de fruit ; la même chose a lieu pour les Fougères et pour toutes les Cryptogames dont on connaît les organes sexuels ; l'organe femelle s'ouvre à l'époque de la fécondation et l'organe mâle lache ses anthérozoïdes qui pénètrent dans le premier et fécondent la vésicule germinative (*keimblasche*).

Des milliers d'anthérozoïdes viennent souvent sur le sporange d'une Mousse ou sur un organe embryonaire d'une Fougère, de même que d'innombrables grains de pollen sont formés pour la fécondation d'un seul ovule de Phanérogame (par exemple dans le Sarrasin et l'If). Dans la nature, plus est grande la difficulté de parvenir à un but déterminé, plus aussi a été multiplié le nombre d'êtres qui doivent coopérer pour atteindre ce but.

La germination de chaque plante présente, outre certaines lois générales et invariables, quelques caractères particuliers. De la spore d'un Champignon il ne sortira jamais qu'un Champignon de la même espèce ; de même la graine d'une plante phanérogame produira toujours un végétal déterminé, semblable à ses parents ; nous devons donc reconnaître pour chaque espèce, en dehors des lois générales de formation, d'autres particularités spéciales. D'où proviennent celles-ci ? Il est impossible de résoudre maintenant cette question. La constitution chimique du contenu des cellules, les rapports physiques de leurs parois, l'arrangement même des cellules se rapportent certainement en grande partie aux particularités de chaque plante qui germe. L'embryon d'une plante est, comme nous l'avons vu, constitué jusqu'à un certain point d'une manière différente de l'embryon d'une autre espèce ; les constituants chimiques du contenu des cellules et même la membrane cellulaire, varient avec les espèces. La plumule de telle plante ne consiste qu'en un cône végétatif (Chêne, Hêtre, Bouleau, Aune, etc), tandis que celle de telle autre plante possède déjà des feuilles (les Graminées, les Palmiers, les Noisetiers, etc).

La plumule du Noyer a même formé, avant la germination, une jeune tige assez longue et chargée déjà de deux séries opposées de bourgeons axillaires et le cône végétatif du bourgeon est entouré de feuilles digitées, ébauches des premières feuilles pennées que l'arbre portera plus tard.

La fonction des cotylédons est, comme nous l'avons vu plus haut, essentiellement différente selon les différentes plantes. L'embryon végétal possède tantôt une zone génératrice avec des faisceaux de cambium, mais sans vaisseaux (les Conifères, le Hêtre, l'Aune, le Bouleau) ;

tantôt, au contraire, les vaisseaux sont déjà développés dans la zone génératrice et dans les groupes de cambium des cotylédons (Chêne, Marronnier, Noyer, Zamia (Fig. 59), Gui, Loranthus). Chaque plante marche, dès sa première formation, vers le genre de vie qui lui est propre.

Fig. 59.

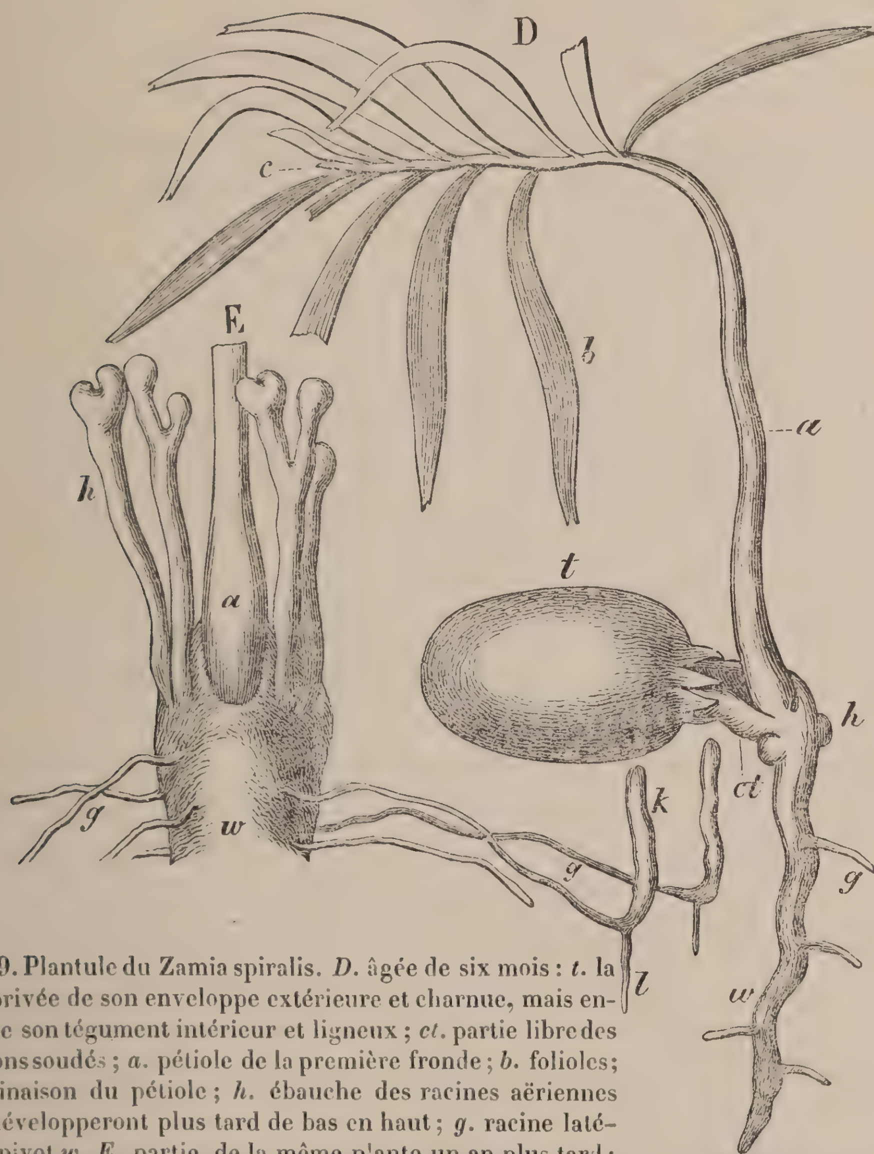


Fig. 59. Plantule du Zamia spiralis. *D.* âgée de six mois : *t.* la graine privée de son enveloppe extérieure et charnue, mais entourée de son tégument intérieur et ligneux ; *ct.* partie libre des cotylédons soudés ; *a.* pétiole de la première fronde ; *b.* folioles ; *c.* terminaison du pétiole ; *h.* ébauche des racines aëriennes qui se développeront plus tard de bas en haut ; *g.* racine latérale du pivot *w*. *E.* partie de la même plante un an plus tard ; *a.* pétiole de la fronde ; *h.* racines aëriennes grandissant de bas en haut ; *g.* racines latérales du pivot *w*. dont une partie croît de bas en haut (*k*), tandis qu'une autre partie (*l*) s'allonge vers le bas (voyez Fig. 48).

III.

Les bourgeons de la tige et de la racine.

Tout le monde sait ce qu'on entend par BOURGEON (*gemma*) ou par *œil*, comme on le nomme encore ; il suffit d'examiner attentivement un arbre pour reconnaître que ces gemmes sont situés les uns à l'extrémité des rameaux, les autres à l'aisselle de la plupart des feuilles ; ils ne sont pas entraînés par la chute des feuilles en automne ; ils gonflent, au contraire, au printemps suivant, et l'on en voit sortir les jeunes pousses ou les fleurs. Des bourgeons semblables aux précédents percent quelquefois l'écorce de l'arbre là où il n'existe pas de feuilles.

Les bourgeons dont nous nous occupons en ce moment développent une pousse qui prolonge la tige principale ou les branches, ou qui forme un nouveau rameau, s'ils ne donnent pas naissance à des fleurs ; ces organes étaient considérés jusqu'à présent comme les seuls véritables bourgeons ; je leur donne le nom de BOURGEONS CAULINAIRES (*Stammknospe*) ; jamais ils ne produisent directement une racine.

Beaucoup de Graminées, de Palmiers et d'autres végétaux monocotylédonés émettent des racines adventives aux renflements, ou *nœuds* comme on les appelle, dont leurs tiges sont entrecoupées. Si l'on observe leur apparition, on aperçoit d'abord une petite saillie ronde, bientôt après l'écorce se déchire et il en sort un petit corps cylindrique qui, en s'allongeant, devient une racine. Lorsque l'on déterre avec précaution les racines d'un arbre, par exemple d'un Sapin ou d'un Aune, on voit de même une foule de racines latérales pousser partout sur les fortes racines dont la végétation est vigoureuse. Je nomme BOURGEON RHIZOGÈNE (*Wurzelknospe*) cette ébauche d'une nouvelle racine : jamais



Erle.

Aune.

il ne produira immédiatement ni une tige ni une fleur ; le bourgeon rhizogène ne peut engendrer autre chose qu'une racine (1).

Nous avons appris à connaître dans le chapitre précédent la polarité qui existe dans l'embryon végétal relativement aux bourgeons caulinaire et rhizogène. Le premier (la plumule) développe le tronc, et le second (la radicule des dicotylédones) engendre le pivot.

Le bourgeon caulinaire porte dans tous les cas, aussi bien celui de l'embryon que ceux des plantes développées, son tissu de développement le plus jeune immédiatement à son extrémité. Celle-ci se termine par un corpuscule conique, le cône végétatif (2), qui est la partie principale du bourgeon caulinaire et en dessous de laquelle se forment les feuilles. A mon sens, la notion de bourgeon caulinaire se rattache immédiatement à l'existence d'un cône de végétation libre, c'est-à-dire dépourvu de toute piléorhize (3). La plumule des Conifères, du Chêne, du Hêtre, uniquement formée par le cône végétatif, est un bourgeon caulinaire tout autant que la plumule du Noyer, d'un Palmier ou d'une céréale dont le cône végétatif est déjà entouré de plusieurs feuilles rudimentaires. En outre, quand, à l'aisselle d'une feuille ou à tout autre endroit, surgit un nouveau bourgeon caulinaire, le cône de végétation en est toujours le point de départ et les feuilles qui l'enveloppent plus tard sont formées par lui et au moyen de ses tissus.

Le bourgeon rhizogène, au contraire, c'est-à-dire la racine rudi-

---

(1) « Je crois que la distinction du bourgeon rhizogène (*wurzelknospe*) est parfaitement justifiée par l'histoire du développement des racines. En effet chaque nouvelle racine, aussi bien la primitive que les adventives, se présente sous forme d'un petit cône consistant en parenchyme primitif et que l'on ne saurait guère distinguer du premier état d'un bourgeon caulinaire : il ne révèle sa nature radicale que par la formation de la piléorhize..... Je sais que jusqu'à présent l'expression de bourgeon rhizogène (wurzelknospe) n'a pas été employée, mais je crois qu'elle est la seule exacte et conforme à l'histoire du développement. On ne doit en définitive comprendre par gemme qu'un cône de végétation : les feuilles et les écailles des bourgeons caulinaires ne sont en réalité que des formations secondaires du cône de végétation. Par bourgeon j'entends donc l'état primitif, c'est-à-dire l'origine d'un axe et je distingue :

1° Le *bourgeon caulinaire* (stammknospe), formé d'un cône de végétation et ayant la faculté de former des feuilles à la base de ce cône.

2° Le *bourgeon rhizogène* (wurzelknospe), dont le cône végétatif est recouvert d'une piléorhize et privé du pouvoir de pousser des feuilles. »

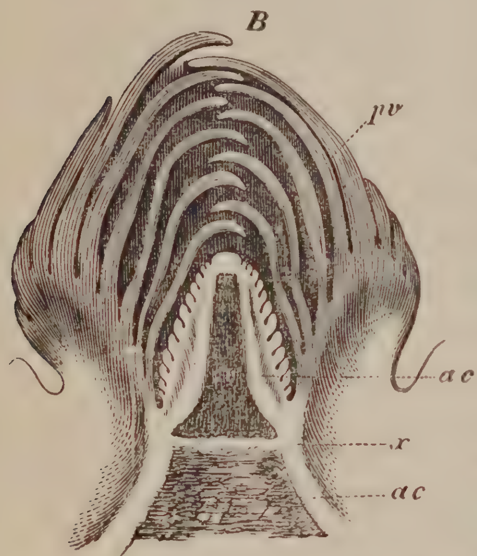
H. Schacht, in litt. ad interpretem scripta.

(2) Je donne à ce terme, cône végétatif (*vegetations kegel*), la préférence sur l'ancien nom de *point végétatif* (*vegetationspunkt*) parce que le premier rappelle mieux la forme de l'organe. (*Note de l'auteur.*)

(3) La piléorhize, littéralement coiffe ou chapeau de la racine (de *πιλος* chapeau et *ριζα* racine), est une enveloppe cellulaire mince qui recouvre ordinairement l'extrémité des jeunes racines. (*Note du traducteur.*)

mentaire, ne porte jamais son tissu cellulaire d'accroissement le plus jeune directement à son extrémité ; son cône végétatif n'est pas libre, mais il est recouvert d'une enveloppe cellulaire, la piléorhize (Fig. 11). La radicule d'un embryon dicotylédoné, véritable bourgeon rhizogène, est elle-même enveloppée par des couches cellulaires (x) plus anciennes qui protégent le tissu cellulaire en voie de formation de la pointe radicale, c'est-à-dire le cône végétatif de la racine.

Fig. 60.



Ces couches cellulaires meurent en dehors et sont en même temps remplacées par de nouvelles couches formées du côté interne ; elles constituent la piléorhize qui, chez les Conifères surtout, s'épaissit beaucoup et qui devient le caractère distinctif de toute racine. Dès son origine, tout bourgeon rhizogène, qu'il soit destiné à devenir une racine principale, une racine secondaire ou une racine adventive, est caractérisé par son mode particulier de croissance ; l'ébauche de la piléorhize se distingue déjà dès la première apparition d'une racine rudimentaire.

Tout bourgeon, caulinaire ou rhizogène, présente, dès que son développement est un peu plus prononcé, un anneau d'épaississement qui sépare la moëlle de l'écorce et va se perdre, si c'est un bourgeon caulinaire (Fig. 60), dans le cône végétatif libre, ou, si c'est un bourgeon rhizogène, dans le cône de végétation couvert, en d'autres termes dans le jeune tissu situé sous la piléorhize. Lorsque le bourgeon est latéral, c'est-à-dire quand il est destiné à former une branche ou une racine secondaire, son anneau d'accroissement se trouve toujours en communication directe avec la zone génératrice de la tige nourricière ou de la racine principale : le système vasculaire qui apparaît dans l'anneau d'épaississement du bourgeon semble être la continuation de celui qui le précède. C'est donc une erreur grave de considérer un bourgeon, caulinaire ou rhizogène, comme une formation distincte et indépendante du reste de la plante. Le premier rudiment d'un nouveau

Fig. 60. Section longitudinale, faite le 26 août, dans un bourgeon terminal de Sapin ; l'ébauche de la pousse de l'année suivante s'est formée à l'abri des écailles protectrices ; *ac*. zone génétrice ; *x*. limite cellulaire entre le rameau de l'année précédente et celui de l'année prochaine ; *pv*. cône végétatif de la jeune pousse (gross. 12 fois).

bourgeon surgit presque toujours sur la zone génératrice, c'est-à-dire dans les tissus végétaux de développement qui contiennent un système vasculaire. On n'a observé de formation de bourgeons caulinaires, indépendante du système vasculaire, que dans quelques espèces de Begonia.

Généralement les faisceaux vasculaires d'un bourgeon sont les prolongements du système vasculaire de l'organe sur lequel ce bourgeon est inséré, et jamais ces faisceaux ne descendent du bourgeon vers la tige ou la racine. L'opinion des anciens physiologistes (du Petit-Thouars), d'après laquelle les bourgeons enverraient leurs racines dans la tige, n'est par conséquent pas soutenable.

Quant à la question de savoir si un bourgeon est une individualité distincte, ou s'il doit être considéré comme un organe de la plante, il importe de s'entendre d'abord sur la signification que l'on accorde à ce mot individualité. Or, un individu ou être distinct est, d'après Schleiden (1), dont je partage complétement la manière de voir : « non pas une conception particulière, mais l'intelligence purement intuitive d'un objet réel appartenant à une espèce donnée ; la détermination de celle-ci permet seule de décider si un être constitue ou non une individualité. »

Si nous appliquons cette signification du mot individu au cas qui nous occupe, nous conclurons que le bourgeon, envisagé isolément, est une individualité, mais que par rapport à la plante considérée dans son ensemble, cet organe est dans la dépendance du tout ; de même la cellule, considérée isolément, est une individualité, mais elle cesse de l'être dès qu'on envisage la plante dans sa totalité.

Cela posé, occupons-nous d'abord du bourgeon caulinaire, dont nous connaissons déjà les différences anatomiques avec le bourgeon rhizogène. On en distingue trois espèces :

1° Le BOURGEON CAULINAIRE PRINCIPAL OU TERMINAL, situé à l'extrémité d'une tige ou d'une branche et au moyen duquel celles-ci s'allongent.

2° Le BOURGEON AXILLAIRE, inséré à l'aisselle d'une jeune feuille et qui forme un nouveau rameau.

3° Le BOURGEON ADVENTIF qui peut se rencontrer partout où du tissu cellulaire de formation et un système vasculaire se trouvent réunis. Ces bourgeons adventifs se montrent sur la tige aussi bien que sur les racines et les feuilles ; ils peuvent produire une nouvelle branche et, dans le dernier cas, une nouvelle plante.

---

(1) Schleiden, Grundzüge, 2e édition, tome II, p. 4.

Nous appelons BOURGEONS A FLEURS (*ou bourgeons à fruits*), les bourgeons caulinaires qui, au lieu de servir à l'allongement de la branche ou à la formation de nouveaux rameaux, se transforment en fleurs pendant leur développement. Cette métamorphose peut s'opérer dans les bourgeons terminaux et axillaires : il se forme alors une nouvelle espèce de bourgeons, que nous désignons sous le nom de bourgeons séminaux (les ovules), parce que, la fécondation accomplie, ils deviennent les graines qui enveloppent l'embryon.

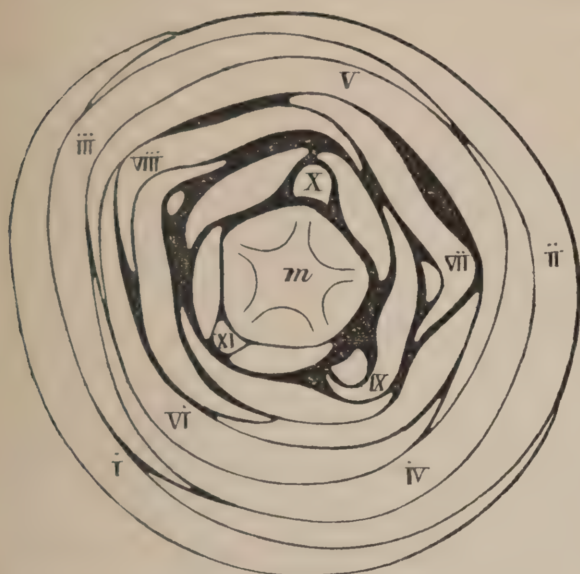
La plumule de l'embryon est le premier bourgeon terminal de la jeune plante ; c'est elle qui se développe en tige, pendant que le bourgeon lui-même, par la formation de nouvelles cellules et l'allongement des cellules naissantes, s'élève et forme des feuilles dans son cône végétatif. Ces feuilles naissantes, d'abord serrées les unes contre les autres, s'écartent ensuite par l'allongement de la partie située sous le cône de végétation.—La partie de la tige comprise entre deux feuilles ou deux verticilles, est appelée un *entrenœud* ou un *mérithalle*.

Tantôt toute la périphérie de la tige rudimentaire est employée, en dessous du cône végétatif, à la formation d'une feuille unique, tantôt deux ou plusieurs feuilles naissent à la même hauteur. Lorsque plusieurs feuilles prennent simultanément naissance sur des parties de la tige qui se sont formées vers la même hauteur, elles conservent plus tard ces rapports sur l'axe développé et on a des FEUILLES OPPOSÉES, comme, par exemple, dans le Marronnier d'Inde, le Lilas, où l'opposition des feuilles est constante ; ou bien, comme dans l'Aspérule et beaucoup d'autres Rubiacées, tout un cercle de feuilles, un verticille en un mot, est inséré à la même hauteur. (Il en est de même des verticilles de la plupart des fleurs.) Si, au contraire, les feuilles naissent solitairement ou que, étant opposées, l'entrenœud se développe inégalement après leur apparition, alors elles sont isolées et insérées à des hauteurs différentes sur la branche ; on peut, en outre, reconnaître leur disposition spiraloïde ou irrégulière.

Les feuilles qui naissent à même hauteur sous le cône végétatif d'un bourgeon caulinaire, n'ont pas toujours la même valeur ; souvent une seule feuille se forme intégralement, tandis qu'à chacun de ses côtés une autre reste plus ou moins écailleuse et constitue une stipule. Dans les Conifères, au contraire, toutes les feuilles rudimentaires insérées à la même hauteur, prennent un égal accroissement, et chaque verticille foliaire se développe soit en feuilles aciculaires, soit en écailles tégumentaires. Il en est autrement chez la plupart de nos arbres.

Le Hêtre, le Chêne, le Bouleau, l'Aune, etc., sont pourvus, de chaque côté des feuilles proprement dites, d'une stipule qui, chez le Chêne et le Bouleau, tombe de bonne heure, et, chez le Hêtre, reste attachée au pétiole, sous forme d'une écaille brune et membraneuse. Les stipules caduques ne renferment généralement pas de faisceaux vasculaires ; leur fonction consiste surtout à abriter le feuillage renfermé dans le bourgeon ; celles qui restent vertes plus longtemps, comme les stipules de l'Aune, par exemple, possèdent au contraire des faisceaux vasculaires.

Fig. 61.



La disposition des feuilles dans les bourgeons, que l'on apprécie le plus aisément au moyen de coupes transversales à travers ces organes, indique en grande partie leur position ultérieure. Cependant les relations primitives des jeunes feuilles peuvent se modifier, principalement sous l'influence de l'une des causes suivantes : 1° par l'avortement de quelques feuilles dans le bourgeon ; 2° par une torsion, qui n'est pas rare, de la partie axillaire en voie de formation; et 3° par un développement inégal de l'axe qui porte les feuilles rudimentaires.

Quand l'une des perturbations citées ne survient pas, l'insertion définitive des feuilles sur la tige ou sur les rameaux doit correspondre à l'arrangement préalable des feuilles dans le bourgeon.

Il arrive quelquefois que les feuilles sont disposées d'une manière différente sur la tige principale et sur les branches latérales. Ainsi, dans le Châtaignier, par exemple, sur la tige la sixième feuille recouvre la première (1), tandis que sur les rameaux deux feuilles alternent l'une avec l'autre (2). Les feuilles sont disposées dans le bourgeon terminal de la tige comme celles du Chêne, sauf que ces dernières sont accompagnées chacune de deux stipules (Fig. 61).

Fig. 61. Coupe transversale d'un bourgeon foliaire du Chêne : *I-VI* Ecailles du bourgeon ; *VII-XI* feuilles avec leurs deux stipules. La formule phyllotaxique 2/5 est la même pour ces deux séries d'organes. *m*. La moëlle (gross. 30 fois).

---

(1) Cette disposition correspond à la formule phyllotaxique 2/5 d'après la notation d'Alex. Braun.
(2) Correspondant à la formule phyllotaxique 1/2.

En examinant la coupe transversale d'un bourgeon de Canne à sucre (Fig. 62), dont les plus jeunes feuilles embrassent la tige comme chez la plupart des autres monocotylédones, et celle d'un bourgeon de Gui (Fig. 63), où les feuilles sont opposées, on voit que les stipules man-

Fig. 62.

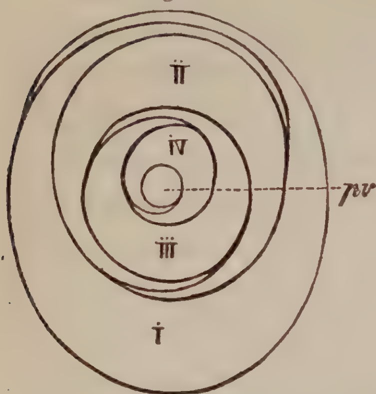
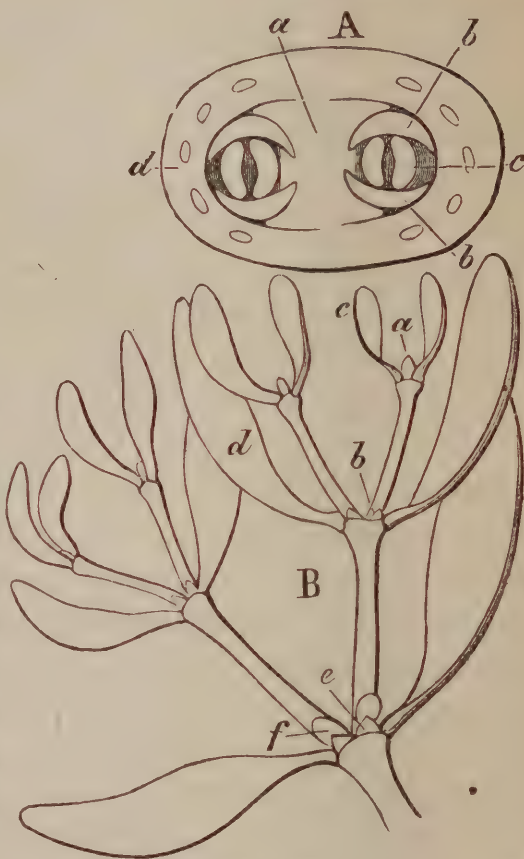


Fig. 63.



quent. On se demande naturellement pourquoi elles n'existent pas. Si l'on examine de plus près la jeune branche du Gui, la réponse se fait d'elle-même : c'est qu'ici toute la périphérie de la tige, située sous le cône de végétation, est employée à la formation des deux feuilles opposées. De même, dans la Canne à sucre et généralement dans toutes les plantes à feuilles engaînantes, les stipules ne sauraient exister, parce qu'il n'y avait pas de place pour leur formation.

Si nous examinons maintenant la coupe du bourgeon terminal du Chêne (Fig. 60), dont la moëlle est pentagonale, tant dans la tige que dans les branches, nous voyons une stipule de chaque côté du limbe. Le limbe et ses deux stipules mettent en réquisition pour leur forma-

Fig. 62. Coupe transversale d'un bourgeon terminal de la Canne à sucre ; *I-IV* feuilles se succédant dans l'ordre de leur formation ; *pv.* cône végétatif (gross. 10 fois).

Fig. 63. *Viscum album. A.* Coupe transversale de l'extrémité d'un rameau en hiver. *a.* Base du bourgeon terminal qui se métamorphose en fleur et qui présente de chaque côté un bourgeon axillaire : ceux-ci possèdent déjà deux verticilles de feuilles (*b.* et *c.*) ; *b.* et *b.* restent au printemps sous forme de petites écailles à la base des jeunes rameaux (*B. b.*) ; *c.* et *c.* au contraire s'élèvent à cette époque jusqu'à l'extrémité du premier mérithalle et deviennent de véritables feuilles (*B. c.*) ; *d.* feuille du rameau de l'année précédente *B.* à la base duquel se trouve une petite écaille *c.* ; *f.* bourgeon inséré à l'aisselle de la petite feuille écailleuse (*e*) et qui se développe indifféremment en fleur ou en rameau (*A.* est gross. 40 fois).

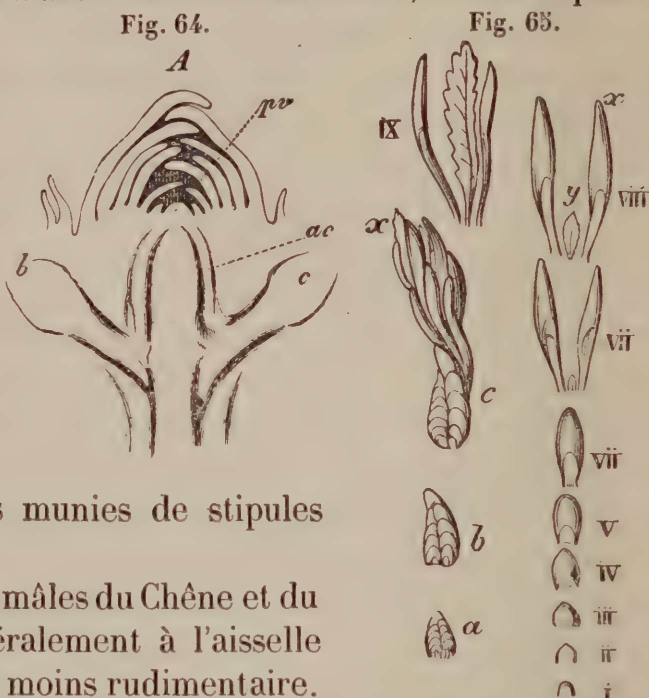
tion la majeure partie de cette portion de la périphérie caulinaire située sous le cône de végétation du bourgeon, comme on peut le voir sur une coupe transversale ; par suite deux feuilles ne sauraient jamais naître ensemble à égale hauteur. On reconnaît, en outre, la raison de la formule phyllotaxique 2/5 des feuilles de Chêne. La préfoliation moins régulière des bourgeons de l'Aune explique également l'arrangement tout aussi irrégulier des feuilles de cet arbre où la quatrième ne se trouve qu'approximativement au-dessus de celle que l'on a commencé à compter.

La plumule d'un Hêtre germant développe d'abord deux feuilles qui, poussant ensemble à la même hauteur, restent opposées et dont les stipules manquent ou sont fort rudimentaires, parce que toute la périphérie caulinaire est employée à la formation des deux limbes. Les feuilles subséquentes du Hêtre sont au contraire alternes et munies d'une stipule à chaque côté, ce qui fait que tout le circuit caulinaire est employé à la formation d'un limbe et de deux stipules. Les Sureaux à feuilles opposées méritent également l'attention. Le Sureau ordinaire (*Sambucus nigra*) présente souvent à la base des feuilles de petites excroissances subuliformes et de couleur verte qui, chez le Sureau à grappes (*Sambucus racemosa*) apparaissent comme deux petits mamelons épais et qui doivent être considérées peut-être, vu leur insertion, comme des stipules avortées. Dans le bourgeon du Sureau commun, on s'aperçoit aussi que toute la périphérie caulinaire ne sert pas à la formation des deux feuilles opposées.

Quand le bourgeon cesse de croître, c'est-à-dire quand de nouvelles feuilles ou de nouveaux entrenœuds ne se développent plus sous son cône de végétation, alors ce bourgeon se ferme, parce que les rudiments de feuilles formés en dernier lieu cessent de se développer entièrement, restent écailleux et servent d'organes de protection pour l'état hyémal du bourgeon. Les mérithalles de ces écailles cessent aussi de s'allonger ; ces dernières restent serrées les unes contre les autres et fournissent un tégument protecteur pour le cône de végétation (Fig. 64).

La fermeture des bourgeons varie avec le mode de formation des feuilles. S'il n'y a pas de stipule, les limbes ébauchés sont eux-mêmes transformés en feuilles tégumentaires, comme nous le voyons dans le Marronnier ainsi que dans le Sapin et l'Epicea (Pl. I. Fig. 19 et 38). Les écailles tégumentaires du Marronnier et du Lilas sont opposées et de plus décussées, insertion identique à celle des feuilles.

On observe facilement en été, quand le Marronnier donne sa seconde pousse, la transformation successive des écailles en feuilles ; on voit les digitations se réduire de plus en plus, devenir imperceptibles et disparaître enfin totalement dans les feuilles tégumentaires. Le Frêne montre fréquemment aussi la transformation directe de l'écaille des bourgeons en feuille. Dans le Chêne et le Hêtre, où les stipules apparaissent sous forme d'écailles brunes, le bourgeon est renfermé d'abord à l'extérieur, sous des écailles simples (Fig. 60), qui représentent une feuille et ses deux stipules, et qui passent insensible- à la forme caractéristique des feuilles munies de stipules (Fig. 65).



Les inflorescences mâles du Chêne et du Hêtre naissent généralement à l'aisselle d'une feuille plus ou moins rudimentaire.

Un plus ou moins grand nombre de verticilles squamo-tégumentaires, dont la structure varie suivant l'espèce de l'arbre, environnent généralement le bourgeon en repos. Dans le Hêtre, leurs cellules sont en grande partie lignifiées : elles tombent dans tous les cas à l'époque du printemps, après avoir protégé contre les rigueurs de l'hiver, par leur tissu poreux et conséquemment mauvais conducteur, la partie vivace du bourgeon.

La jeune pousse gêle rarement sous leur abri, tandis que si elle rejette au printemps les écailles tégumentaires de son bourgeon, la gelée d'une seule nuit suffit pour déterminer sa mort.

Les arbres tropicaux, qui forment des feuilles sans interruption, ne

Fig. 64. Coupe transversale d'un bourgeon terminal de Sapin, observé à la fin de juillet : *ac.* zone génératrice du rameau ; *b.* et *c.* la moëlle propre aux deux bourgeons axillaires ; *pv.* cône végétatif du bourgeon fermé (gross. 12 fois).

Fig. 65. *Quercus pedunculata* : *a.* bourgeon terminal à l'état de repos ; *b.* le même commençant à végéter ; *c.* bourgeon éclos. *I-IX* Les feuilles telles qu'elles se succèdent dans le bourgeon *c. I-VI* sous forme écailleuse ; *VII-IX* sous forme de stipules *x* entre lesquelles la feuille proprement dite *y* apparaît.

renferment non plus jamais entièrement leurs bourgeons. Certaines espèces, par exemple le Baobab et les arbres du genre Bombax, appartenant à la zone torride de l'Afrique et qui, dans l'île de Ténériffe, se trouvent sans feuilles depuis le mois de décembre jusqu'au mois de mai, ont des bourgeons fermés, tout comme les arbres de notre climat.

Les Araucarias et les Cyprès n'ont pas d'écailles tégumentaires et leurs bourgeons ne se ferment pas, bien que leur végétation se repose, paraît-il, périodiquement. Un bel arbuste que l'on cultive fréquemment en appartement, le *Ficus elastica*, développe ses grandes et brillantes feuilles chacune sous l abri d'une stipule en forme de cornet. Dans le *Ficus australis*, il existe deux de ces cornets qui alternent en enveloppant la tige. Le Figuier ordinaire (*Ficus carica*) possède, outre la stipule cucullée dont chaque feuille est pourvue, d'autres écailles qui renferment le bourgeon tout le temps que le Figuier, à l'instar de nos arbres, reste dépourvu de feuilles pendant l'hiver ou pendant la période de repos sous les zones chaudes où il croît. Notre Bouleau n'a qu'un seul verticille d'écailles tégumentaires entières et chez le Viorne (*Viburnum lantana*) à feuilles opposées, ces écailles manquent complétement : une épaisse couverture de poils radiés les remplace et protége ici les feuilles nues. Les écailles simples du Chêne, du Hêtre, etc., et les stipules cucullées des Figuiers tombent quand la nouvelle pousse se développe; leurs cicatricules et leurs mérithalles raccourcis indiquent plus tard, comme les appendices écailleux des Conifères, les périodes de croissance des branches. Le Chêne, le Hêtre (Pl. III. Fig 1 et 20) et le Charme montrent les cicatrices de plusieurs zones squamo-tégumentaires ; le Bouleau n'en présente qu'une seule.

Les périodes de croissance de la branche de l'Aune peuvent être observées par les entrenœuds plus courts, qui sont formés les premiers chaque année. La même observation pourrait se faire sur la plupart de nos arbres forestiers.

Les écailles (*perulæ*) constituent donc un élément essentiel du bourgeon ; elles déterminent, par leur disposition et leur configuration, la forme du bourgeon hyémal, qui varie avec l'essence d'arbre (Pl. I. Fig. 19 et 38. — Pl. II. Fig. 21 et 23. — Pl. III. Fig. 18, 34 et 35. — Pl. IV. Fig. 10, 23, 35, 54 et 61).

Les bourgeons caulinaires, qui servent à l'allongement de la tige ou des rameaux, se ferment, en été, à des époques variables, suivant l'espèce et la vigueur de végétation de l'arbre : c'est ordinairement vers la fin du mois de juin, pour la plupart de nos arbres forestiers.

Le cône végétatif forme, quelques semaines après, sous la protection des écailles tégumentaires, l'ébauche de la pousse ou des fleurs de l'année suivante. La période de repos, que prend ce cône de végétation pendant l'été, semble être fort courte, mais elle suffit pour opérer dans la texture de la partie médullaire du bourgeon une modification très-profonde. Il se développe, en effet, sous le cône végétatif, une couche de cellules sévifères, à parois épaisses, en contact avec l'étui médullaire et sur lesquelles le cône végétatif commence à former la nouvelle pousse (Fig. 60).

Cette observation est incontestable et s'applique à tous les arbres forestiers que nous avons examinés, tant aux espèces à feuilles membraneuses qu'aux essences à feuilles aciculaires.

Dans le Mélèze, la moëlle se dessèche sous le cône végétatif du bourgeon renfermé qui se développera l'année suivante en une touffe de feuilles ou en une inflorescence, et l'on peut déterminer l'âge de ce bourgeon en comptant les couches parallèles de cellules dont se compose la moëlle et que l'on distingue aisément sur une coupe longitudinale.

A la fin de juillet, j'observai des bourgeons terminaux de Sapin et d'Epicea (Fig. 64) ; ils étaient totalement fermés ; six à huit verticilles d'écailles tégumentaires environnaient un petit cône végétatif et le tissu médullaire n'avait encore subi aucune transformation. Le 26 du mois d'août, j'examinai de nouveau les bourgeons de ces deux arbres (dans le Val-Noir du Thuringer-Walde, en Thuringe) : ils avaient grandi et, sur une coupe longitudinale, on discernait clairement la jeune pousse ébauchée pour l'année suivante par une recrudescence d'activité dans le cône végétatif (Fig. 60). La transformation que la moëlle avait subie sous le cône de végétation, pendant que ce dernier se reposait, était alors nettement appréciable ; la jeune pousse restait enclavée, environnée qu'elle était par les parties de la tige qui portent les écailles tégumentaires, mais elle avait dû s'être allongée dans l'espace des quatre semaines qui séparent les deux observations.

La moëlle et l'écorce sont, dès ce moment, séparées par l'anneau d'épaississement (*ac*), mais les faisceaux vasculaires ne se montrent toutefois qu'au printemps quand la jeune pousse écarte les écailles du bourgeon.

La même chose a lieu dans les bourgeons à fleurs du Sapin et de l'Epicea que nous avons étudiés sur les mêmes arbres et aux mêmes époques.

La fleur mâle (Fig. 66) est relativement fort développée; dès la fin d'août ses anthères possèdent les cellules mères du pollen. Dans un cône femelle, au contraire, les ébauches des ovules ne se montrent qu'en automne, à l'aisselle des bractées rudimentaires, sous la forme de petites éminences coniques et comme de véritables bourgeons axillaires (Fig. 67).

A l'origine les trois espèces de bourgeons du Sapin et de l'Epicea ne peuvent pas se distinguer anatomiquement, et l'on ne peut reconnaître les bourgeons foliaires, mâles et femelles, qu'à leur situation relative

Fig. 66.

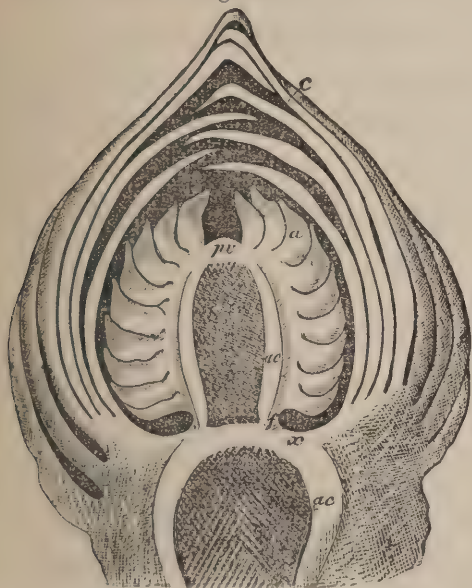
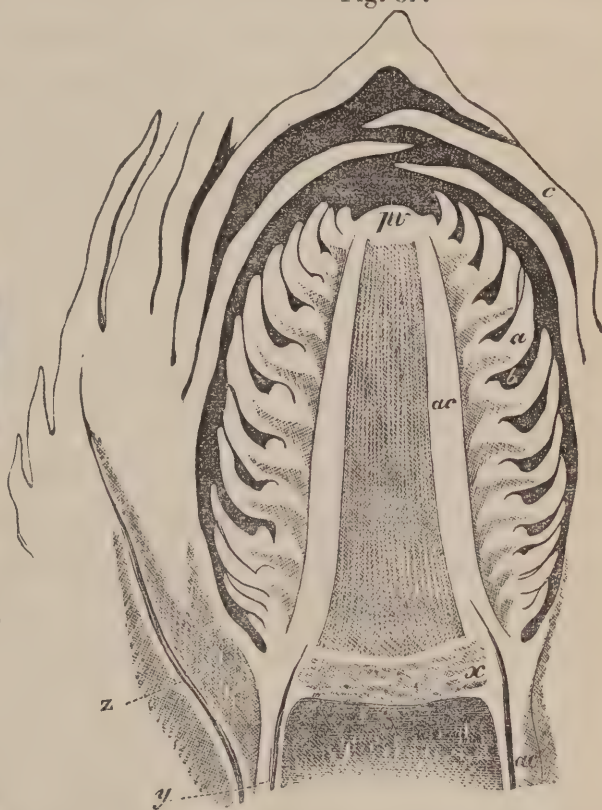


Fig. 67.



sur les branches ; tous trois ressemblent, à l'origine, au bourgeon représenté Fig. 64.

Ce que nous venons d'étudier dans le Sapin et l'Epicea est vrai aussi pour le Pin et le Mélèze. La même chose se passe dans le

Fig. 66. Coupe longitudinale d'un bourgeon anthérifère de l'Epicea observé le 9 septembre 1852. L'ébauche de la fleur femelle a déjà sa feuille modifiée en une anthère dont on distingue les deux loges sur une coupe transversale : *c*. écailles brunes du bourgeon sous l'abri desquelles les fleurs mâles passent l'hiver ; *pv*. cône végétatif de l'ébauche florale ; *x*. le tissu qui se forme dans la moëlle à la limite du dernier mérithalle et de la fleur ; *ac*. zone de Cambium ; *f*. ébauche du pédoncule de la fleur (gross. 25 fois).

Fig. 67. Coupe longitudinale d'un cône (inflorescence femelle) de Sapin au 6 novembre 1853. Ce cône, encore très-jeune, a déjà formé, à l'aisselle de ses écailles *a*, l'ébauche des ovules (samenschuppen) *b*, sous forme de petits mamelons ; *c*. les écailles brunes du bourgeon qui protégent le jeune cône pendant la durée de l'hiver ; *pv*. cône végétatif ; *x*. tissu qui s'est formé dans la moëlle entre l'extrémité du rameau et la base de l'inflorescence ; *ac*. zone génératrice ; *y*. faisceaux vasculaires de cette zone ; *z*. faisceau vasculaire qui se prolonge vers les écailles du bourgeon (gross. 12 fois).

Chêne, le Hêtre, l'Aune, le Bouleau, le Cerisier, l'Amandier, le Lilas, le Marronnier, en un mot dans tous nos arbres. Tous préparent en automne dans leurs bourgeons les jeunes pousses qui verdiront l'année suivante. Le Pin forme, à partir de la deuxième année de la vie de la plante et dans l'aisselle d'une feuille restée écailleuse, un bourgeon, qui développe d'abord des feuilles squammiformes (la gaîne) et ensuite des feuilles aciculaires doubles; mais dès l'automne précédent, il montre l'ébauche d'un nouveau jet qui porte, à l'aisselle de ses feuilles, des bourgeons qui développent, au printemps suivant, une double feuille avec sa gaîne. Une pousse mâle du même arbre porte dès l'automne, à l'aisselle de chaque feuille, son bouton à fleurs, et renferme de bonne heure des vaisseaux spiraux dans son intérieur. Les bourgeons mixtes du Hêtre et du Chêne ont déjà leurs fleurs ébauchées en automne.

Ce que nous avons dit des arbres que nous avons étudiés spécialement, s'applique à tous les végétaux ligneux de notre zone qui fleurissent ou verdissent au printemps.

Les fleurs des Orchidées les plus printanières (*Orchis maculata, Himantoglossum hircinum*) sont déjà formées et toutes prêtes dès le mois de septembre qui précède leur épanouissement, tandis que les espèces automnales du même genre (*Herminium monorchis, Epipactis latifolia*) n'ont encore, à la même époque, qu'un épi floral à peine ébauché. Les fleurs du Cerisier et de l'Amandier sont déjà complètes dans toutes leurs parties au mois d'octobre. L'Ajonc ordinaire (*Ulex europæus*) fleurit parfois en automne, plus ordinairement au commencement du printemps. Les fleurs mâles du Coudrier, et d'autres, se montrent parfaitement bien conformées tantôt en automne, tantôt en hiver. Il n'est pas rare de rencontrer, pendant un automne chaud et humide, une foule d'arbres différents, fleurissant pour la seconde fois ; dans ce cas, les fleurs qui étaient destinées au printemps suivant, viennent au jour et s'étalent en automne.

Le seigle, semé de bonne heure, constitue en décembre, si l'automne a été doux, de fortes plantes dont les chaumes s'élèvent à un pouce au-dessus du sol et renferment assez souvent les épis de la moisson prochaine.

Les semailles tardives, au contraire, comme celles du mois d'octobre, ne développent au mois de décembre que de faibles plantes dont le premier chaume sortant de la plumule, porte, sous forme de petits gemmes axillaires, les rudiments des autres tiges et ne possède encore

que de 4 à 6 feuilles. Il n'y a pas d'inconvénient, dans ce dernier cas, à laisser paturer par des moutons et pendant un temps de gelée, les semailles d'automne, parce que les bourgeons des tiges latérales sont encore enfouis dans le sol ; mais il en est tout autrement dans le premier cas, quand l'ensemencement a eu lieu de bonne heure, et ce pacage peut alors compromettre singulièrement la récolte.

D'après ce que nous avons dit, la configuration extérieure d'un bourgeon fermé n'est pas la même en tout temps. D'abord petit, et composé seulement du cône de végétation et d'un petit nombre de zones d'écailles, le gemme s'accroît de plus en plus jusqu'en automne où il paraît en quelque sorte complet. Il se distingue dans chaque essence d'arbre par sa configuration extérieure. Il est long et fusiforme, en automne, dans le Hêtre (Pl. III. Fig. 35) et dans le Pin (Pl. II. Fig. 21).

Le bourgeon axillaire de l'Aune est triangulaire et stipité (Pl. IV. Fig. 23). Celui du Platane est invaginé dans la base du pétiole et on l'aperçoit seulement quand la feuille tombe.

La configuration hyémale des bourgeons peut donc être prise, comme l'ont fait Rosmässler et Wilkomm, pour caractère distinctif des différents arbres.

On reconnaît en automne si tel bourgeon développera l'année suivante une jeune pousse ou une fleur, d'après l'espèce de l'arbre, tantôt à l'insertion de ce bourgeon, tantôt à sa configuration extérieure. Dans le Sapin, par exemple, le gemme, qui l'année suivante forme un cône, se présente dès l'été précédent (juillet) isolé et inséré sur la partie supérieure d'une branche de la cîme, tandis que les bourgeons des fleurs mâles se superposent à la partie latérale de chaque branche et cela en nombre considérable. Dans le Mélèze, le bourgeon à fleurs mâles ou femelles, apparaît en automne, entre les fascicules foliaires, sous forme d'un disque rond, brun et brillant (Pl. II. Fig. 37). Il se forme sur les branches de l'année aussi bien que sur celles qui sont plus âgées ; dans le Sapin, au contraire, je n'ai vu d'ébauches de fleur qu'aux branches annuelles. Les bourgeons à fleurs du Cerisier et de l'Amandier sont beaucoup plus gros en automne que les gemmes des jeunes pousses. Dans le Hêtre, le bourgeon mixte, qui développe une branche fleurie, est en automne beaucoup plus fort que celui qui ne donne qu'une branche stérile, et cette différence est tellement saillante qu'elle fournit un caractère auquel on peut reconnaître si le Hêtre fleurira l'année suivante (Pl. III. Fig. 34 x). Dans le

Marronnier, le Frêne et d'autres arbres encore, le bourgeon terminal des rameaux est beaucoup plus grand que les gemmes axillaires.

La situation des écailles tégumentaires, de même que celle des feuilles et des stipules qui les suivent, est déterminée principalement par l'ordre dans lequel le cône de végétation forme les feuilles; les plantes à feuilles opposées, par exemple, entre autres le Marronnier et le Lilas, ont également leurs écailles opposées et décussées.

Avant la pousse des rameaux, au printemps, le gemme commence par se gonfler; il devient plus grand et plus large; ses écailles, dont la partie supérieure, formée en automne, avait péri avant l'hiver, recommencent à grandir un peu à leur base; chez quelques arbres elles s'allongent considérablement (Pl. III. Fig. 37).

La jeune pousse s'arrête quelque temps encore sous leur abri, puis elle s'allonge tout-à-coup et se fait jour au dehors en brisant ses entraves: tantôt elle enlève avec elle les écailles du bourgeon détachées à leur base et agglutinées par un suc résineux (dans l'Epicea), tantôt elle les écarte et les rejette de côté; dans tous les cas, les écailles internes dont la partie basilaire s'était accrue au printemps, disparaissent les unes après les autres.

Quelquefois les zones écailleuses externes qui, en général, ne s'allongent pas, persistent longtemps sur la branche: on les retrouve, par exemple, sur les rameaux des Conifères sous forme d'appendices squameux.

Dans les autres arbres forestiers, comme le Chêne, le Hètre, l'Aune et même le Mélèze, on peut retrouver la trace des anciennes écailles gemmales, tombées depuis longtemps, sous la forme de cicatrices annulaires, serrées et nombreuses, qui correspondent à autant de verticilles de feuilles écailleuses, séparés par de courts entrenœuds: cette observation peut servir à la détermination de l'âge d'une branche.

Du moment que le bourgeon terminal se ferme, le rameau qui le porte cesse de s'accroître en longueur et une nouvelle période vitale commence pour la branche. Le cylindre ligneux de la tige, qui ne se composait jusqu'alors que de fibres larges et peu incrustées, commence à manifester, par d'étroites cellules qui s'épaississent plus fortement, la distinction entre le bois printanier et le bois automnal.

Les arbres dont les bourgeons se ferment de bonne heure, par exemple nos Conifères, forment pour cette raison leur bois automnal plus tôt que les autres, dont les bourgeons achèvent tardivement leur croissance, par exemple l'Aune et le Bouleau.

La distinction ordinairement si nette que l'on constate entre les anneaux de bois de chaque année provient de l'alternance subite entre le bois d'un automne et celui du printemps suivant ; par contre, la transition de ce dernier bois au premier se fait plus insensiblement. De son côté, l'écorce de quelques arbres forestiers, qui s'accroît au printemps, dès que la végétation recommence, se laisse quelquefois détacher de nouveau au moment où les bourgeons se renferment sous la protection de leurs écailles. A la suite de cette fermeture, la zone génératrice est pendant quelque temps, environ quinze jours, plus abondamment remplie de cambium ; mais aussitôt que commence la formation du bois automnal et que les ébauches des pousses et des fleurs de l'année suivante apparaissent dans les bourgeons, les tissus de la zone génératrice perdent de leur succulence ; pendant cette importante période d'activité organique, toutes les substances alimentaires de la plante servent à l'élaboration des organes en voie de formation et du bois d'automne plus incrusté que celui du printemps.

L'arbre émet assez souvent une seconde pousse, ou pousse d'août, ce qui provient de ce que le bourgeon, déjà fermé, se rouvre et que la pousse destinée spécialement à l'année suivante vient à se développer dans l'été même de sa naissance.

Le Chêne fait volontiers une seconde pousse, surtout quand il ne porte pas de fruits ou quand sa première génération de feuilles a été anéantie par la voracité des chenilles ; mais le jeune taillis de Chêne semble dépourvu de cette faculté.

Je n'ai observé la pousse d'août du Hêtre que dans des fourrés très-épais. Dans les Marronniers, je ne l'ai vue qu'à des arbres fortement taillés, dans l'Epicea qu'à de jeunes sujets, et dans le Sapin je ne l'ai jamais remarquée.

La seconde pousse ne paraît donc se produire que si une grande quantité de substances alimentaires est amassée dans l'arbre et ne trouve pas d'emploi suffisant. Aussitôt que le Chêne, par exemple, porte des fruits, il a besoin de la grande partie de sa sève pour leur formation et, dans ce cas, ne comporte pas une seconde pousse.

Les bourgeons à fleurs et les bourgeons à bois ne peuvent, d'après ce que nous avons vu plus haut, être distingués anatomiquement à leur origine : on ne discerne le rudiment des fleurs qu'après l'apparition de leurs organes foliacés. Aussi les métamorphoses de gemmes à bois en bourgeons à fleurs ne sont-elles pas rares.

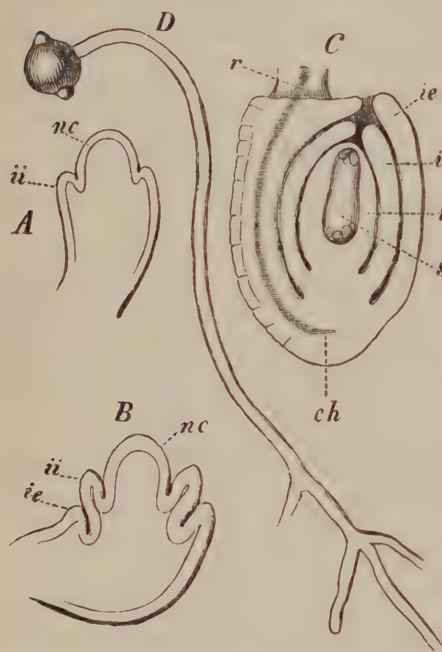
De la pointe des inflorescences femelles du Mélèze ou de la fleur

mâle de l'Araucaria du Brésil, se développe quelquefois une branche feuillue; chez le Sapin, le bourgeon, qui, d'après son insertion, devrait développer un strobile, se transforme fréquemment en un rameau.

Nous parlerons plus longuement des fleurs dans le VIIIe chapitre.

Chez nos Conifères et les Cycadées (*Gymnospermes*), les ovules sont libres et situés, soit sur l'axe principal comme des bourgeons terminaux (*Taxus*), soit sur de petites écailles (*Abies, Pinus, Larix*), qui se développent comme des bourgeons et représentent par conséquent des rameaux avortés, à l'aisselle des bractées du cône.

Fig. 68.



Dans les autres phanérogames (*Angiospermes*), les ovules sont renfermés à l'intérieur d'une enveloppe particulière, l'ovaire. L'ovule consiste dans tous les cas en un cône de végétation qui forme le nucelle (Fig. 68).

Il reste quelquefois sous cette forme simple et ne présente aucune enveloppe, comme chez les *Hippuris*, les *Thesium* et les *Caffeiers;* cet ovule est donc nu (*N. nudus*). Ordinairement il est recouvert de quelque enveloppe: celle-ci peut être simple (*integumentum simplex*) et elle apparaît sous la forme d'un renflement circulaire qui envahit successivement toute la surface du nucelle, sauf un point à son extrémité où il reste une ouverture (voyez les Charmes, les Coudriers, les Bouleaux et les Aunes (Pl. IV. Fig. 5), 31 et 41); ou bien l'enveloppe est double et, dans ce cas, le tégument extérieur naît au bas du tégument intérieur et le recouvre. L'ouverture que laissent ces deux membranes est appelée le micropyle.

Le Chêne, le Hêtre (Pl. III. Fig. 8 et 23), le Châtaignier, la Pensée (Fig. 68) et presque toutes les monocotylédones possèdent une double enveloppe autour de leur nucelle.

Dans des cas peu nombreux, par exemple chez l'If (*Taxus*), il se

Fig. 68. *A. B. C.* Développement d'un ovule du *Viola tricolor; nc.* le nucelle; *ii.* la première, la plus intérieure, et *ie.* la seconde, c'est-à-dire l'extérieure des enveloppes du nucelle; *ch.* la chalaze; *se.* le suc embryonaire; *r.* le raphé; *D.* boyau pollinique ramifié de cette même plante.

forme, après la fécondation et de la même manière, encore une autre enveloppe qui constitue l'arille. Une cellule de l'intérieur du nucelle devient le sac embryonaire dans l'intérieur duquel se forme l'embryon (Chap. VIII). L'ovule, comme la fleur elle-même dont il fait partie, constitue un véritable bourgeon. Pourtant on ne peut pas considérer ses téguments comme des feuilles proprement dites, puisque l'ordre dans lequel ils se forment ne correspond pas à celui de la formation des feuilles où toujours la feuille située le plus haut est la plus jeune; des métamorphoses anormales de ces téguments en organes foliacés ne sont cependant pas rares et ont été souvent invoquées en faveur de leur origine foliaire. — Je m'étendrai davantage sur les ovules quand je parlerai des fleurs.

La tige, comme nous l'avons vu, s'allonge par le bourgeon terminal, tandis que les mérithalles des jeunes feuilles développées sous le cône de végétation, s'étendent par l'augmentation du nombre et des dimensions des cellules. Les tiges ou branches dont les bourgeons terminaux ne se ferment pas périodiquement, dans le *Ficus elastica* par exemple, s'allongent sans discontinuité; l'accroissement en longueur des plantes dont les bourgeons terminaux se ferment, comme dans nos arbres, est au contraire périodique. Partout les mérithalles des écailles tégumentaires restent écourtés; on les distingue, comme nous l'avons déjà mentionné, sur les rameaux de la plupart des arbres, comme le Hêtre, le Bouleau, le Cerisier, même après la chute des écailles; le Figuier élastique, que nous citions tantôt, conserve aussi la cicatrice de chaque ancienne bractée. Dès que l'activité organique cesse dans le cône végétatif, comme par exemple dans la plupart des fleurs, ou bien quand il meurt, aussitôt l'accroissement en longueur s'arrête dans l'axe. Il est facile de s'en assurer dans le Gui (*Viscum album*), dont le bourgeon terminal se métamorphose en fleur : dès lors le rameau ne peut plus s'allonger et s'il s'accroît, c'est au moyen de deux branches latérales formées par deux bourgeons axillaires; de là résulte la disposition assez remarquable et caractéristique des tiges de Gui (Fig. 63).

L'avortement du bourgeon terminal est, d'après les observations de Ohlert (1), la règle, chez quelques arbres et arbustes; la branche s'allonge alors par un bourgeon latéral. Le Lilas en fournit un exemple dans notre pays. Le Bouleau nous a presque toujours présenté de véri-

(1) Linnœa, 1837, p. 432.

tables bourgeons terminaux, bien que Ohlert, qui l'a observé à Kœnigsberg, le cite dans son mémoire, ce qui tendrait à faire supposer que le climat n'est pas sans influence sur la formation des bourgeons. L'extrémité des rameaux du Murier gèle à peu près chaque année dans notre pays, tandis que, dans les contrées méridionales, ses bourgeons terminaux se développent régulièrement et en font un grand arbre dont la cîme large donne beaucoup d'ombrage.

Les bourgeons terminaux du Cerisier gèlent plus facilement que ses bourgeons axillaires ; ceux de l'Airelle myrtille (*Vaccinium myrtillus*) périssent généralement, chaque branche se termine par une fourche et s'allonge l'année suivante à l'aide d'un bourgeon axillaire. Chez l'Argousier (Hippophaë) l'extrémité des branches devient épineuse et les nouveaux rameaux naissent des bourgeons axillaires.

Les bourgeons terminaux, axillaires et adventifs se distinguent en général les uns des autres par la manière dont ils naissent et par leur insertion sur la plante : leur structure est la même, excepté chez quelques arbres où les feuilles qu'ils renferment sont différemment situées. Le bourgeon terminal forme, comme son nom l'indique déjà, la partie terminale d'une tige ou d'une branche ; branche et tige s'allongent par son concours. La plumule de l'embryon est un véritable bourgeon terminal. Le bourgeon axillaire apparaît dans l'aisselle de la feuille et se forme en général bientôt après la naissance de celle-ci ; il accuse plus tard sa tendance à former une branche ou une fleur. Il naît dans le tissu générateur qui se trouve à la base du pétiole de la feuille et il reçoit directement de la tige ses faisceaux vasculaires.

Quant aux bourgeons adventifs, on peut en rencontrer sur les plantes, partout où des faisceaux vasculaires sont associés à du tissu générateur. Sur la tige ou sur la racine, ce bourgeon se forme directement sur la zone génératrice et se fait jour plus tard à travers l'écorce. On les voit surgir à certains endroits des feuilles de différentes plantes (*Bryophyllum*, *Cardamine, Malaxis, Asplenium bulbiferum*), etc. ; ils consistent d'abord en un petit cône de végétation sous lequel des feuilles naissent bientôt après ; la tigelle s'élève alors, il se forme des racines adventives et il peut résulter de là une nouvelle plante indépendante. Les ovules, non-seulement ceux qui sont nus sur les écailles des Conifères, mais encore ceux qui sont renfermés dans l'ovaire de la plupart des phanérogames, doivent être, n'étant pas épaulés par une feuille, considérés comme des bourgeons adventifs. Les ovules du Taxus, ainsi que ceux du Blé-sarrazin, seront au contraire assimilés à

des bourgeons terminaux. Enfin les ovules du Podocarpus et du Cyprès sont de véritables gemmes axillaires.

Le BOURGEON RHIZOGÈNE, dont nous avons déjà appris à connaître la structure, à propos de l'embryon des Conifères, et qui est caractérisé par un cône végétatif couvert, peut, d'après son mode de formation, appartenir à l'une des trois classes suivantes :

1° Le *bourgeon rhizogène principal,* situé à la radicule de l'embryon et qui forme la racine principale ou pivot des dicotylédones.

2° Le *bourgeon rhizogène adventif,* qui naît dans l'hypoblaste ou dans la zone génératrice d'une tige et se développe en une racine adventive.

3° Le *bourgeon rhizogène latéral* ou raméen, qui se produit dans la zone génératrice d'une racine et qui devient une racine latérale ou une ramification radicale.

Le bourgeon rhizogène principal de l'embryon développe immédiatement la racine principale. Les deux autres espèces de gemmes radicaux se rencontrent ultérieurement chez les dicotylédones, en général chez toutes les plantes munies d'une racine pivotante ; ils se développent sous l'écorce, dans la tige et dans la racine tout près de la zone génératrice. Pendant leur formation, on voit surgir de la zone génératrice un cône, petit et d'abord très-obtus, dont la première ébauche ne saurait être distinguée de celle d'un bourgeon caulinaire adventif. Dès que le cône cellulaire s'agrandit, on aperçoit à son sommet les rudiments d'une piléorhize. Le tissu cortical dans lequel un bourgeon rhizogène est enchassé, meurt tout à l'entour de ce dernier, parce que toute la sève qu'il contenait est absorbée pour cette formation.

Le jeune bourgeon rhizogène présente bientôt après une zone génératrice émanant de celle de la tige ou de la racine et qui ne tarde pas à se transformer en un système vasculaire. Il brise enfin l'écorce et se développe pour devenir, suivant son lieu de naissance, soit une racine adventive soit une racine latérale.

Les bourgeons rhizogènes adventifs, comme les bourgeons caulinaires de la même catégorie, semblent pouvoir naître partout où des faisceaux vasculaires se trouvent dans le tissu de développement ; c'est ainsi qu'ils apparaissent sur les feuilles isolées de quelques plantes (*Mentha piperita*) et peuvent alors nourrir la feuille au-delà de sa vie normale et, si les conditions sont favorables, donner lieu à une plante nouvelle par la formation de bourgeons caulinaires.

Dans la racine des Palmiers et de la plupart des autres monocotylédones que j'ai examinées, l'activité de l'anneau d'épaississement s'éteint

rapidement et la formation de nouveaux bourgeons rhizogènes se trouve ainsi singulièrement limitée sinon tout-à-fait supprimée : les jeunes radicelles latérales naissent seulement de l'extrémité la plus jeune des racines, et les nouvelles racines adventives de ce qui reste et persiste du tissu d'accroissement de l'hypoblaste (p. 56). De même dans le Pin, comme Pfeil le fait ressortir avec raison, c'est seulement à la pointe, jeune et qui n'est pas encore recouverte d'écorce, des anciennes racines que se forment les rudiments de nouvelles radicelles latérales ; les parties anciennes et la tige de cet arbre sont, au contraire, dépourvues de ce pouvoir. Aussi les vieux Pins ne peuvent-ils être transplantés. La zone génératrice de la tige et de la racine de nos arbres forestiers, et généralement de toutes les plantes dicotylédones, reste au contraire indéfiniment active et conserve jusqu'à l'âge le plus avancé la faculté de créer de nouveaux bourgeons rhizogènes. La distinction fondamentale établie entre les monocotylédones et les dicotylédones est donc confirmée de nouveau au point de vue de la formation des racines. Le Palmier, par exemple, germe avec un faux pivot qui jamais ne devient une véritable racine principale et ne se dirige pas directement vers le bas comme le fait l'axe d'une plantule de Chêne ou de Hêtre. Ce faux pivot meurt généralement tôt ou tard et, de la base de la tige, naissent de nouvelles racines adventives qui périssent à leur tour, pour être remplacées par d'autres qui persistent. De même la bulbe écailleuse de la Jacinthe émet continuellement de sa base des racines adventives ; beaucoup de Graminées et d'Aroïdées et même la Ciguë vireuse émettent, près des nœuds de leurs tiges, de nombreuses racines adventives.

Un bourgeon rhizogène peut, ainsi que nous l'ont déjà fait voir quelques exemples précédents, se montrer sur une tige. Les racines aériennes des Orchidées tropicales et celles qui entourent les vieilles tiges des Fougères arborescentes, en formant un épais revêtement, naissent sur la tige sous la forme d'un bourgeon rhizogène.

La bouture que nous enfonçons dans la terre pousse des bourgeons rhizogènes d'où sortent des racines adventives qui lui transmettent la nourriture du sol. La bulbille s'enracine à l'aisselle des feuilles (*Lilium bulbiferum, Dentaria bulbifera*) par la formation de bourgeons rhizogènes. Enfin les racines des jeunes plantes qui naissent sur les feuilles du *Bryophyllum* et de l'*Asplenium bulbiferum,* se forment également au moyen de bourgeons rhizogènes sur de jeunes bourgeons caulinaires. De même qu'une branche adventive remplace la tige principale quand elle manque, soit que celle-ci ait péri ou qu'on l'ait enlevée à

dessein, de même, si le pivot est supprimé, une racine adventive ou latérale peut en tenir lieu. Quand une racine est affaiblie d'un côté par certaines circonstances locales, elle se développe en général avec d'autant plus de vigueur de l'autre côté. L'incessante formation de nouvelles racines latérales est très-essentielle à la vie de l'arbre.

Du moment qu'un bourgeon est parvenu à ce point de développement, que son cône végétatif se montre libre, ou bien couvert d'une piléorhize, la nature propre de ce bourgeon ne change plus ; un bourgeon rhizogène doit, du moment qu'il est caractérisé comme tel, se développer en une racine ; réciproquement nul bourgeon caulinaire ne peut de lui-même, c'est-à-dire immédiatement, se transformer en racine.

Tandis que le bourgeon caulinaire de nos arbres se ferme pendant un certain temps, comme nous l'avons vu, et que l'allongement de l'axe ascendant est suspendu pendant une certaine période vitale, l'accroissement de l'extrémité des racines se continue sans interruption, mais avec une intensité variable : il est restreint vers la fin de l'automne par l'abaissement de la température et recommence au printemps suivant avec une nouvelle vigueur.

L'allongement de la racine finit plus tard et commence plus tôt que celui de la branche. Aussi l'anneau annuel de la racine d'un arbre renferme-t-il toujours infiniment moins de bois automnal que l'anneau annuel de la tige.

Quand le bourgeon caulinaire se détache spontanément de la tige et développe, dans des conditions favorables, une plante autonome douée de toutes les propriétés de la plante-mère, on l'appelle une bulbille. Ces bulbilles sont un des modes de multiplication agame des végétaux supérieurs et servent à propager non-seulement l'espèce, mais encore la variété de la plante-mère.

Le transport d'un bourgeon amélioré sur un sujet de moindre valeur constitue un moyen de perfectionnement des espèces sauvages et consiste dans l'application d'un œil ou d'une greffe munie de bourgeons axillaires sur un sauvageon ; la branche qui naît alors du bourgeon inoculé ou de la greffe, ressemble à sa plante-mère, tandis que les rameaux qui proviennent des bourgeons propres de la tige greffée conservent les propriétés du sujet. On multiplie de cette façon non-seulement les bonnes variétés obtenues de semis, mais encore les plantes hybrides qui, si on les sème, repassent bientôt aux types de l'un de leurs deux parents (1).

---

(1) Comp. ch. IV.

Les bourgeons de la greffe ou de la bouture, de même que les bulbilles, possèdent une écorce, une zone génératrice et une moëlle; on trouve en outre, dans leur intérieur, les rudiments du système vasculaire et des tissus de la plante-mère. L'embryon d'une graine, au contraire, a pour origine une simple cellule : on conçoit aisément que les agents qui influent sur la nutrition et l'élaboration végétales peuvent provoquer plus facilement certaines modifications dans la constitution chimique et physiologique de ces cellules en voie de formation. Ces modifications, en se perpétuant et se fixant dans la plante qui se développe d'un embryon, deviennent inhérentes à elle et provoquent la création d'une variété. Le bourgeon, au contraire, n'étant qu'une partie intégrante d'un végétal déterminé, en conserve aussi presque toutes les propriétés.

L'œil ou bourgeon de la pomme-de-terre devient une branche souterraine d'où sort une nouvelle plante, qui puise d'abord sa nourriture dans le tubercule, dont le tissu féculifère la nourrit comme l'albumen nourrit l'embryon pendant la germination. Les yeux adhérents aux pelures de la pomme-de-terre peuvent aussi, lorsqu'ils ne sont pas blessés, développer de bons jets et produire quelquefois, dans des conditions favorables, de fortes plantes; mais, comme les aliments préparés pour la nourriture des jeunes pousses font alors défaut, on n'emploiera cette méthode de multiplication de la pomme-de-terre que dans des cas d'absolue nécessité.

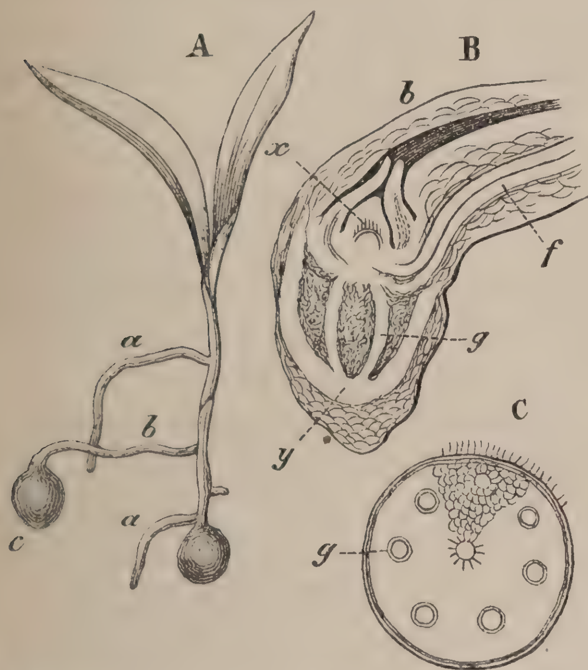
Quand il se développe quelque part une jeune tige ou une nouvelle branche, elles naissent toujours d'un bourgeon caulinaire ; de même, quand il se forme une racine, celle-ci se développe toujours d'un bourgeon rhizogène. Toute partie axillaire qui se termine par un cône de végétation nu et qui porte ou a porté des feuilles, est une *tige;* toute partie axillaire qui se termine, au contraire, par une piléorhize est une *racine;* cette dernière ne peut jamais former de feuilles.

Le tubercule des Orchidées consiste à son extrémité supérieure en un bourgeon caulinaire, et à son extrémité inférieure en un bourgeon rhizogène plus ou moins apparent; l'extrémité inférieure ne pousse jamais de feuilles; mais le bourgeon caulinaire, formé l'année précédente, développe la hampe.

Le tubercule présente donc la réunion des bourgeons caulinaire et rhizoghène qui coopèrent tous deux également pour sa formation. L'*Herminium monorchis*, qui est une espèce délicate d'orchidée et qui n'est pourvu, à l'époque de la floraison, que d'un seul tubercule d'où sort la

hampe, forme à la fin de l'été de nouvelles racines adventives situées à la base de la hampe : une seule ou un petit nombre d'entre elles portent tout près de leurs pointes un bourgeon caulinaire. L'extrémité de ces racines adventives est par conséquent pourvue, à la partie inférieure, d'une piléorhize, à la partie supérieure d'un bourgeon caulinaire ; elle se renfle ensuite et se transforme en tubercule, tandis que le reste s'allonge en conservant la forme radicale habituelle, et transporte le jeune tubercule à une distance de 1 à 1 1/2 pouce de la plante-mère (Fig. 69).

Fig. 69.



Les bulbes des Liliacées sont, au contraire, des bourgeons caulinaires proprement dits qui naissent à l'aisselle des feuilles et leurs enveloppes représentent des écailles en ce qu'elles protègent aussi la jeune pousse. La bulbe se sépare sous forme de bulbille de sa plante-mère (Fig. 70 *z*).

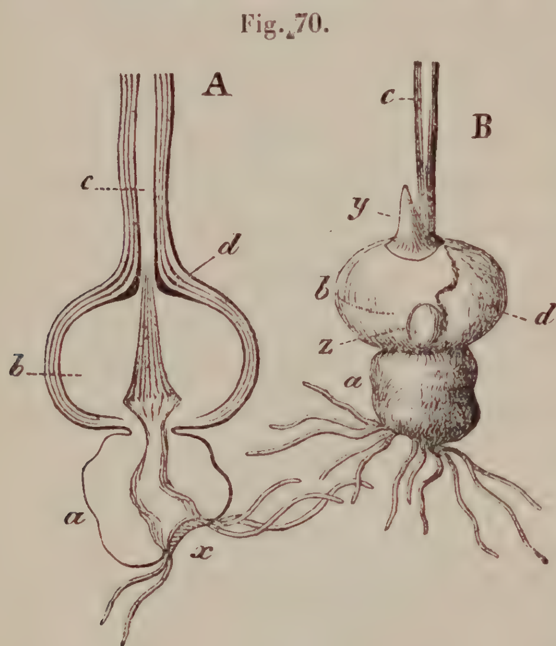
La repousse, c'est-à-dire la formation de nouveaux rameaux sur la souche d'un arbre abattu, de même que les turions, qui sont des pousses provenant de racines, résultent de la formation de bourgeons caulinaires adventifs et ne se rencontrent pas chez tous les arbres. Les Conifères ne forment pas facilement des repousses ou des turions ; ils doivent donc se multiplier par le semis ; il n'y a que les Pins d'Amérique et, tout-à-fait exceptionnellement, le Pin des Canaries, qui poussent de nombreux rejetons. Quand on enlève les branches inférieures de ce dernier, toute la tige se revêt immédiatement d'innombrables rameaux sortant de bourgeons adventifs, ce qui lui donne l'aspect d'une colonne de verdure. Notre Pin au contraire ne donne jamais de bourgeons adventifs.

Fig. 69. Jeune plante, issue de graine, paraissant âgée d'un an, de l'*Herminium monorchis* ; *a.* et *a.* racines adventives ; *b.* autre racine adventive qui s'épaissit en tubercule *c* pour l'année suivante. — *B.* Coupe longitudinale de ce tubercule *c* ; *x.* bourgeon caulinaire qui plus tard produit la hampe ; *y.* radicule du tubercule ; *b.* portion de la racine qui s'est divisée par suite de la formation de ce dernier ; *f.* faisceau vasculaire de la racine : *g.* système vasculaire du tubercule. *C.* Coupe transversale du tubercule, dont les faisceaux vasculaires *g* sont disposés en cercle autour du centre qui est lui-même occupé par un autre faisceau (gross. 8 fois).

Le Chêne et le Bouleau, très-enclins à produire des bourgeons, conviennent particulièrement bien pour la formation des taillis. Chez l'Orme (*Ulmus*) la formation de rejetons provenant des racines n'est pas rare du tout, et chez le Tremble (*Populus tremula*), ainsi que chez le Charme (*Carpinus*) elle est un fait habituel. Le Peuplier de nos promenades, le Châtaignier et le Marronnier d'Inde forment souvent, là où on leur a envelé des branches, une riche couvée de bourgeons adventifs d'où sortent des branches très-serrées ; le Sapin lui-même développe, en pareil cas, çà et là une chétive petite branche.

Les boutures de certains arbres, du Saule, du Peuplier, ainsi que de beaucoup de plantes de jardin et d'ornement, s'enracinent parce qu'elles forment sur la tige des bourgeons rhizogènes qui deviennent des racines adventives.

Fig. 70.



Les Conifères, au contraire, qui, comme nous l'avons vu, ne font de rejetons ni aux souches ni aux racines, ne développent pas non plus des bourgeons rhizogènes sur leur tige et ne peuvent donc se multiplier par boutures. Le Pin des Canaries et plusieurs Pins d'Amérique semblent toutefois faire exception sous ce rapport.

Chaque plante a, comme nous l'avons déjà plusieurs fois observé, certaines propriétés particulières que nous connaissons très-peu et que nous pouvons encore moins comprendre.

Ainsi le Saule cultivé en têtards forme une forte cîme et fournit beaucoup de branchages. On le reproduit par une bouture assez forte, longue de six à huit pieds et dont la tête a été enlevée ; le bois du

---

Fig. 70. Bulbe du *Gladiolus segetum*. *A*. Coupe longitudinale : *a*. partie caulinaire qui forme la bulbe pendant l'année précédente ; *b*. la bulbe qui émet latéralement une hampe florale *c*; *d*. les feuilles qui surgissent à la base de la bulbe et la recouvrent ; *x*. base de l'ancienne bulbe, à laquelle sont attachées les racines. — *B*. la bulbe isolée de ses feuilles engaînantes ; *y*. bourgeon axillaire qui se prépare pour l'année suivante ; *z*. un autre bourgeon axillaire qui, plus tard séparé de la plante-mère, devient une bulbille (caïeux) et passe plusieurs années avant de fleurir ; *d*. portion de la feuille à l'aisselle de laquelle cette bulbille s'est formée.

Saule est aussi employé pour façonner les cerceaux de cuve, mais on le maintient alors très-bas, à peu près sans tige et celle-ci seulement garnie de branches grêles ; on le multiplie par des boutures longues d'environ quatre à six pouces et privées de tête. Dans les deux cas, il se forme, près du sommet de la bouture, de nombreux bourgeons caulinaires d'où sortent des branches ; celles-ci se développent avec exubérance chez le bois à cerceaux, parce que la plante n'a pas grand tronc à nourrir, tandis que le Saule en têtard doit entretenir le sien.

Au contraire, chez le Sapin ou l'Epicea, la section de l'axe principal ne provoque pas la formation de branches, mais un bourgeon placé en haut de la tige s'élève verticalement et développe une pousse latérale en remplacement de la maîtresse-pousse perdue. Quelques Fougères, par exemple l'Alsophila, forment, d'après une communication verbale que m'a faite le jardinier en chef Reinecke, des bourgeons caulinaires adventifs, tandis que d'autres (*Balantium*) ne forment jamais de bourgeons. Les plantes qui engendrent difficilement des bourgeons caulinaires à la racine, paraissent aussi ne pas former aisément des bourgeons rhizogènes à la tige (les Conifères).

Le bourgeon caulinaire peut déjà commencer son développement la première année de sa formation, par exemple chez les plantes annuelles, et dans la seconde pousse ou pousse d'août des arbres. Mais généralement, il ne se développe que la seconde année ; le rameau ébauché en automne prend son essor au printemps suivant. Il peut aussi rester en repos pendant des années entières et développer ensuite, soit à la manière ordinaire, soit sous l'excitation de certaines circonstances tout-à-fait propices, ses branches ou ses fleurs. Ainsi, par exemple, une petite fougère assez commune dans les prairies forestières, la Lunaire (*Botrychium lunaria*), possède déjà les rudiments de la végétation qu'elle développera successivement dans les trois années suivantes.

Beaucoup de bourgeons caulinaires n'arrivent pas à formation complète parce qu'il manque à la plante des matériaux nécessaires pour les faire subsister. La plantule du Hêtre ne développe les bourgeons latéraux qui existent toujours dans l'aisselle de ses cotylédons que pour suppléer à l'avortement accidentel du bourgeon principal ; le Dragonier ne forme, que quand son bourgeon terminal fleurit, des branches provenant des bourgeons placés aux aisselles de ses dernières feuilles ; il reste sans se ramifier jusqu'à ce qu'il ait fleuri.

Chez l'Euphorbe des Canaries, le bourgeon peut rester stationnaire

pendant dix à vingt ans et après un aussi long repos est encore apte à devenir une branche. Le Cactus à cochenille (*Opuntia ficus indica*) peut également pousser des fleurs ou des branches au moyen de très-vieux bourgeons.

Si l'on enlève à une plante sa maîtresse-pousse, on voit en général les branches latérales prendre un développement beaucoup plus vigoureux, ce dont le Saule à tête nous a fourni un exemple ; élagons-nous, au contraire, les branches latérales, la maîtresse-pousse devient plus forte, ce qui explique l'aspect élancé des arbres croissant dans des endroits sombres : les branches inférieures qui manquent de lumière ou n'ont pas assez de place pour s'étendre, meurent ; le tronc acquiert plus de hauteur et ne porte de branches qu'à la cîme. Le Hêtre et le Pin venus dans d'épais fourrés auront un port différent de ceux de ces mêmes arbres croissant en liberté. La prairie, fauchée en été, verdit de nouveau, parce que des bourgeons existaient déjà avant la fenaison ou qu'il s'en est formé immédiatement après ; de jeunes chaumes se développent et fournissent de tendres herbages que la faulx abat en automne. Si, au contraire, la prairie n'est pas fauchée et qu'on laisse les semences de l'herbe venir à maturité, le chaume se dessèche et la prairie ne reverdit plus ou bien peu : dans le premier cas, les bourgeons sont nourris et transformés en tiges et en feuilles ; dans le second, ils demeurent sans développement, parce que la plante devait concentrer toute sa force sur la formation complète des graines.

Le Blé, dont l'embryon, comme celui de toutes les plantes, n'est pourvu que d'un bourgeon caulinaire, développe en général plusieurs chaumes qui naissent des bourgeons situés à l'aisselle des premières feuilles et qu'on ne peut plus distinguer plus tard de la tige primaire.

Il émet très-rapidement plusieurs racines : dans quelques espèces (*Lolium speciosum*) il n'existe qu'un bourgeon rhizogène dans l'embryon ; chez d'autres (*Secale, Triticum*) il y en a déjà plusieurs. Les formations de rameaux et celles de racines vont de pair ; quand l'arbre fait beaucoup de branches, il pousse aussi de nombreuses racines. La Fougère en germant, forme, en général, avec chaque nouvelle feuille, une nouvelle racine.

Les bourgeons à feuilles de nos arbres forestiers s'ouvrent, comme on sait, au commencement du printemps ; mais ce phénomène n'a pas lieu simultanément pour tous ; on ne saurait pas toutefois établir une règle fixe pour leur développement, parce que la station et les variations météorologiques de cette époque de l'année doivent être

prises en considération. Ainsi quand la chaleur arrive tout-à-coup, les arbres qui par une température successivement croissante se couvriraient de feuilles l'un après l'autre, verdissent alors tous à la fois.

L'Acacia se feuille le dernier ; il paraît avoir le plus besoin de chaleur.

Ce n'est que dans des cas relativement rares que le cône végétatif caulinaire ou rhizogène se divise pour former deux ou plusieurs nouvelles branches ou racines. — Une division du cône de végétation du bourgeon caulinaire ne s'est jamais présentée à nous chez nos arbres ; elle a toutefois été signalée par Hofmeister chez la Selaginelle, une Lycopodiacée, et par moi dans la tige rampante et souterraine de quelques Orchidées (*Epipogum, Corallorhiza,* etc).

Le cône végétatif de ces plantes forme dans ce cas, en général, deux ou trois petites proéminences qui s'élèvent de plus en plus et bientôt après les rudiments de feuilles apparaissent à leur base. La séparation de l'extrémité radicale a été parfaitement observée par moi aux renflements de la racine de l'Aune, en outre aux racines aériennes d'une conformation particulière du *Laurus Canariensis* et de beaucoup de Cycadées, et aussi aux tubercules de quelques Orchidées. Cette division commence naturellement sous la piléorhize et chaque nouvelle radicelle, ainsi engendrée, montre bientôt après son propre cône végétatif couvert.

« Dans la nature tout est loi et harmonie. »



Birk.

(Bouleau.)

Frêne et le Houx pleureurs des branches plus courtes, plus serrées, croissent verticalement de haut en bas. Le port et l'habitus de l'arbre résident dans la grandeur relative de la tige, des branches et des rameaux et dans leur direction.

Qu'est-ce qu'une *tige*, une *branche*, un *rameau?* Ne naissent-ils

Fig. 71.

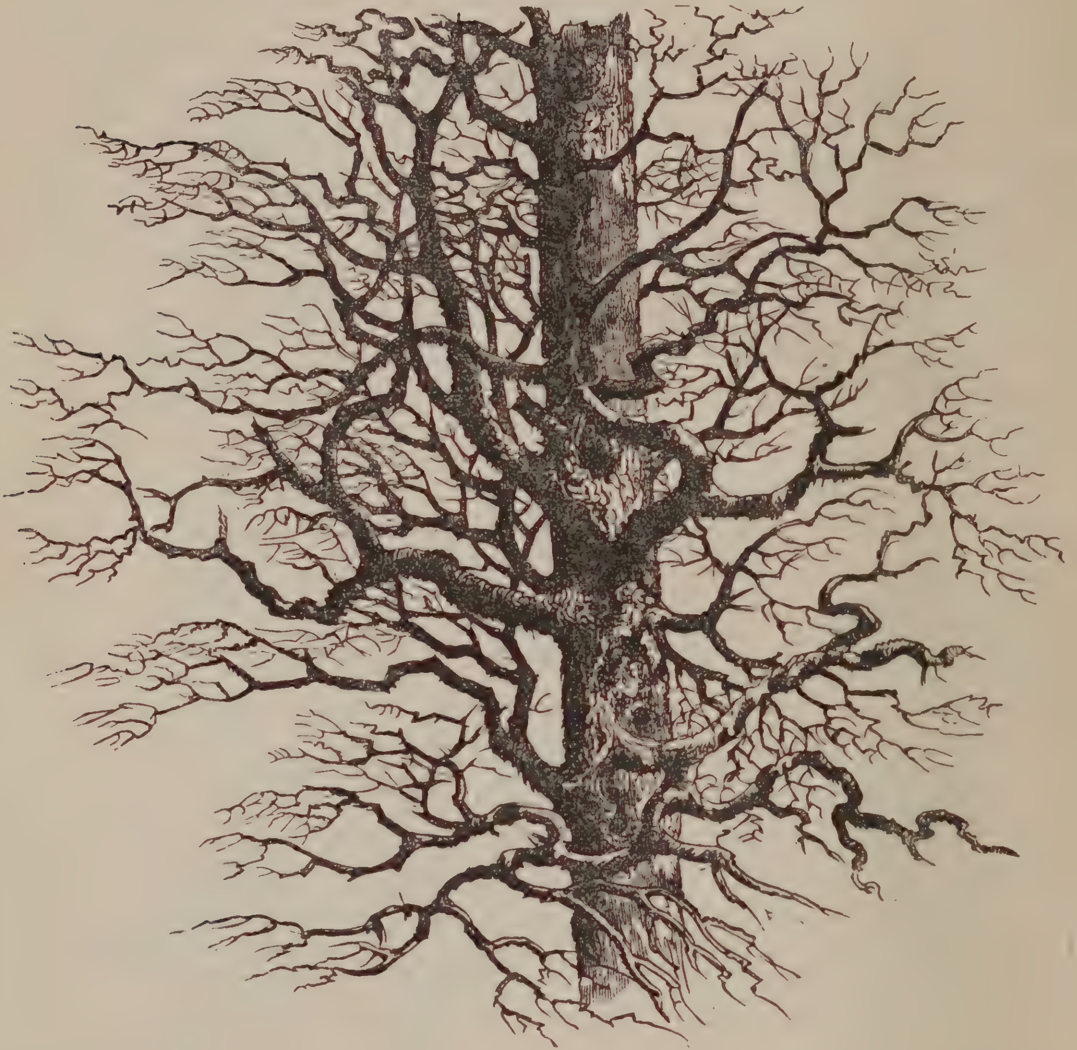


pas tous trois d'un bourgeon caulinaire? Tige, branche, rameau ne sont pas essentiellement distincts sous les rapports du développement et de la structure intime; tous trois naissent d'un bourgeon caulinaire et les distinctions à établir entre eux résident dans les différentes espèces de ce bourgeon. La maîtresse-tige proprement dite ou primitive provient toujours du bourgeon caulinaire de l'embryon (la plumule) dont nous avons suivi le développement dans le chapitre II de ce livre.

Fig. 71. Ramification de l'Epicea (*Picea vulgaris* Link).

Cependant, considérée d'une manière plus générale, elle peut aussi avoir pour origine un bourgeon axillaire ou adventif formé sur une souche ou sur une racine (repousse d'un taillis) ou bien un bourgeon devenu libre (un caïeux). Le tronc proprement dit d'un arbre naît

Fig. 72.



toujours de la maîtresse-tige et son accroissement en longueur est indéterminé chaque fois que son bourgeon terminal reste indéfiniment actif; il est limité quand, à partir d'un certain âge, ce bourgeon croît lentement ou qu'il cesse tout-à-fait de végéter.

Les branches ne se distinguent des rameaux que par leur âge et leur force; la branche la plus forte a d'abord été un faible rameau; tous deux sont sortis d'un bourgeon adventif; tous deux ont, comme la tige, une croissance limitée ou illimitée.

Fig. 72. Tronc et cîme du Chêne.

Toute tige, rameau ou branche se termine, pendant tout le temps que dure sa croissance, par un cône de végétation nu ; en d'autres termes, l'allongement des tiges, des rameaux et des branches a lieu par le bourgeon caulinaire qui les termine.

L'existence d'un cône de végétation nu, c'est-à-dire privé de piléorhize, distingue tout organe caulinaire d'une racine, laquelle se termine par un cône de végétation couvert et ne peut, par suite, former de feuilles.

Tout organe, caulinaire ou radical, ne s'allonge que par son cône de végétation où la multiplication des cellules persiste, alors qu'elle a cessé dans les organes inférieurs déjà allongés. On considère la tige et la racine comme des organes axillaires et on les distingue à leur accroissement terminal de la feuille, qui, ne possédant pas de cône de végétation, ne croît pas par sa pointe. J'établis, en outre, une différence entre l'organe caulinaire et l'organe radical.

Fig. 73.



Tout organe qui porte ou a porté des feuilles (qui présente par conséquent une cicatrice de feuille) et que termine un cône de végétation nu est toujours une tige, qu'il soit au-dessus ou au-dessous du sol.

Quand la tige est souterraine, on l'appelle un rhizôme.

Par opposition, tout organe qui ne possède nulle part ni feuille, ni

Fig. 73. Cime du Bouleau (*Betula alba*).

cicatrice foliaire et que termine un cône végétatif pourvu d'une piléorhize est toujours une racine.

Quant à la feuille, elle n'a pas de cône végétatif : les cellules de son sommet naissent les premières et meurent aussi les premières. Les feuilles que termine une dent ou une épine, par exemple celles du *Hakea suaveolens*, sont très-remarquables en ce que l'épine est déjà morte, quand la feuille vient à peine de voir le jour. L'accroissement des feuilles se fait par divers points du limbe ; dans beaucoup de cas, par exemple chez les Graminées, une fois que la feuille est ébauchée, elle ne s'allonge plus que par sa base. La feuille ne naît jamais que sous un cône de végétation caulinaire et est ainsi un organe appendiculaire de la tige. La partie d'une tige comprise entre deux feuilles insérées l'une au-dessus de l'autre, constitue, comme nous l'avons déjà mentionné, ce qu'on appelle un mérithalle ou entrenœud.

La définition que nous venons de donner ici de la tige, de la racine et de la feuille pourra s'appliquer à tous les cas particuliers. Seulement on trouve que chez la feuille composée, par exemple chez la feuille pennée, le pétiole commun (en particulier chez le Guarea) est incontestablement un passage à la branche, en ce que, comme celle-ci, il pousse par son extrémité et engendre sous cette pointe de nouvelles folioles.

Nous avons déjà vu, pendant l'examen de l'embryon, que l'on peut distinguer trois parties essentielles dans la tigelle : 1° la moëlle placée au centre de l'axe ; 2° la zone génératrice, qui enserre la moëlle comme un cylindre, et enfin 3° l'écorce qui, à son tour, enveloppe la zone génératrice. Celle-ci sépare ainsi la moëlle de l'écorce. Nous retrouvons ces mêmes parties constituantes dans le jeune axe du bourgeon caulinaire destiné à l'année suivante ; elles ne manquent pas non plus dans le bourgeon rhizogène.

La tige s'épaissit par la zone génératrice ; c'est dans celle-ci que naissent, comme nous l'a montré la germination, les premiers faisceaux vasculaires qui, par son intermédiaire, continuent à croître suivant certaines lois, déterminées pour chaque subdivision naturelle du règne végétal.

Quand la zone génératrice devient inactive, la croissance diamétrale de la tige et de la racine s'arrête immédiatement. C'est par elle que se forment et que s'accroissent l'aubier et l'écorce secondaire des plantes dicotylédonées. La moëlle, au contraire, ne s'agrandit pas, dans l'ordre habituel des choses ; elle reste telle qu'elle était à sa formation, seule-

ment ses cellules changent de constitution et tantôt elles conservent leurs parois minces, tantôt elles s'épaississent ; parfois elles se lignifient, elles meurent ou bien elles restent actives pendant un temps plus long.

L'étui médullaire est la partie la plus ancienne du bois et on y reconnaît encore, chez la plupart des arbres, les faisceaux vasculaires primitifs qui, lors de la première formation ligneuse, faisaient partie de la zone génératrice. Cet étui conserve toujours des vaisseaux spiraux ou annulaires, même lorsque les parties ligneuses formées postérieurement n'en possèdent plus ; comme il enserre la moëlle circulairement, celle-ci ne peut plus croître en largeur. Elle présente, dans les différents rameaux d'une même plante, un diamètre souvent fort inégal, ce qui résulte de la grandeur des bourgeons d'où ces rameaux proviennent.

Chez les dicotylédons, le cambium du système vasculaire reste dans la zone d'accroissement et forme, pour ainsi dire, une partie constituante de celle-ci ; c'est donc lui qui continue à faire croître le bois et l'écorce d'une manière déterminée. Du côté de la moëlle se développe nommément la partie ligneuse du système vasculaire, c'est-à-dire cette seule partie dans laquelle se présentent exclusivement des cellules ligneuses et vasculaires ; du côté de l'écorce, au contraire, se forme le liber ou cette partie du système vasculaire dans laquelle on trouve les cellules à liber et les vaisseaux poreux. Plus tard on ne peut continuer à établir une distinction marquée entre le cambium du système vasculaire et les cellules de la zone d'accroissement proprement dites, que chez un petit nombre de plantes, par exemple dans la tige de nos Orties, chez le Ripsalis et quelques autres Cactées, ainsi que dans la radicule pivotante d'une plantule de Noyer.

Si nous examinons la coupe transversale d'une jeune branche de Tilleul, de Hêtre ou de *Coculus laurifolius* (Fig. 26), nous voyons des faisceaux fibro-vasculaires disposés en cercle autour de la moëlle (*e*) ; le corps ligneux (*a*) est prismatique et de larges rayons médullaires (*f*) séparent l'un de l'autre chaque faisceau vasculaire. Il y a dans l'écorce un liber (*b*), en forme de croissant, opposé au corps ligneux (*a*) et séparé de celui-ci par la zone génératrice (*cbR*). La partie de celle-ci qui se trouve entre le liber et le corps ligneux de chaque système doit être considérée comme le cambium propre d'un pareil faisceau ; au contraire, la partie de la zone génératrice qui appartient au rayon médullaire, doit être considérée comme le cambium de celui-ci ou comme le cambium de la zone génératrice elle-même. Les cambium de ces deux

parties forment par leur ensemble la zone remplie de sève qui existe entre l'écorce et le bois de nos arbres ; elle est connue sous le nom de zone séveuse ou de zone génératrice dans l'acception la plus large de ce mot ; c'est par elle que l'aubier et l'écorce qui l'enveloppe, continuent à croître. La zone à sève ou zone génératrice, aussi nommée zone à cambium, est donc toujours entourée, de chaque côté, des deux plus jeunes formations de cellules ; la partie la plus ancienne du bois est située dans le voisinage de la moëlle, et la partie la plus ancienne du système vasculaire libérien se trouve du côté de la partie primitive de l'écorce qui n'a pas été engendrée par la zone génératrice ; cette structure est parfaitement reconnaissable sur une coupe transversale d'une branche de Tilleul âgée de plusieurs années (Fig. 74). On distingue ici les parties concordantes du système vasculaire : celles de l'écorce, constituant le liber (*b*), sont cunéiformes et aboutissent à la partie la plus ancienne de l'écorce primaire ; au contraire, la partie ligneuse ou centrale du système vasculaire, située à la partie intérieure de la zone d'accroissement et qui est également en forme de coin, touche par sa pointe à la moëlle (*e*). Chaque système vasculaire de la tige et de la racine devient d'année en année plus large, parce qu'il continue à croître au moyen de la zone d'accroissement placée à la limite du corps ligneux et du liber qui se dédouble chaque année. Les faisceaux vasculaires primitifs sont d'abord séparés latéralement les uns des autres par les rayons médullaires primitifs, c'est-à-dire par du tissu cellulaire interposé ; bientôt après il se forme, aussi bien dans le corps ligneux que dans le système libérien, des rayons médullaires secondaires que l'on peut avec raison considérer comme résultant d'une scission latérale des faisceaux vasculaires. Ces rayons secondaires n'atteignent plus la moëlle dans la partie ligneuse, ni l'écorce primaire dans la partie corticale ; mais ils se terminent des deux côtés dans le système vasculaire primitif ; cette

Fig. 74.

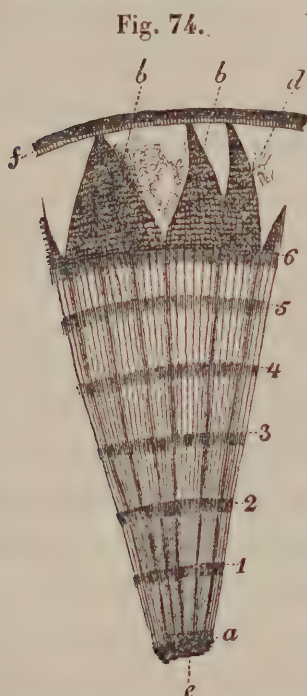


Fig. 74. Coupe transversale d'une branche de Tilleul âgée de six ans : *a.* étui médullaire ; *b.* liber ; *d.* tissu cellulaire de l'écorce ; en 6. limite du bois et de l'écorce (zone génératrice) ; *e.* moëlle ; *f.* écorce primitive ou primaire ; 1-6 les six couches ligneuses (gross. 5 fois).

structure ressort parfaitement d'une coupe transversale de la tige du *Cissus verrucosa* (Fig. 24).

Plus les rayons médullaires secondaires s'avancent dans le bois, plus âgés sont-ils ; plus ils se terminent près de la zone génératrice, plus ils sont jeunes.

La même chose a lieu pour les rayons médullaires qui pénètrent à l'intérieur de l'écorce. Ceux qui s'enfoncent le plus profondément dans l'écorce, en s'éloignant de la zone génératrice, sont plus vieux que ceux qui se terminent plus près de la zone génératrice. Quelques arbres, par exemple le Chêne et le Hêtre, ont des rayons médullaires de deux espèces, les uns larges, les autres minces.

Chez nos arbres, dont la croissance s'interrompt en hiver, la périodicité de l'accroissement du bois se révèle par l'existence de zones concentriques et annuelles ; ces couches sont distinctes par suite des différents modes de formation des cellules ligneuses qui les composent.

Aussitôt que la végétation commence, au printemps, l'activité de la zone génératrice se réveille aussi et, par suite, la vie renaît dans le système vasculaire ; à l'intérieur il se forme de nouvelles cellules ligneuses et vasculaires, et à l'extérieur de nouvelles cellules corticales. Les cellules ligneuses qui naissent au printemps chez nos Conifères (Fig. 75) ne sont que peu épaissies, parce que l'arbre, à cette époque, utilise la plus grande partie de sa sève pour la formation de ses nouvelles pousses et de ses feuilles ; elles peuvent, par conséquent, s'agrandir plus longtemps et par suite davantage, et elles deviennent, quoique récemment formées, tabuliformes, presque carrées dans leur coupe transversale (Fig. 15). Mais, à mesure que les feuilles d'un arbre s'approchent de leur formation complète, ce qui survient ordinairement

Fig. 75.

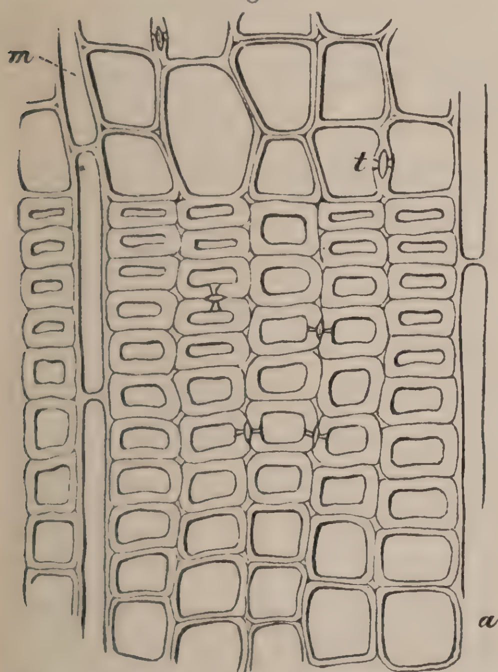


Fig. 75. Coupe transversale du bois d'Epicea (*Picea vulgaris*): *a*. cellules ligneuses formées pendant l'été et qui passent insensiblement à l'état de cellules ligneuses automnales (*b*). Celles-ci sont, au contraire, nettement distinctes de celles de la couche suivante (entre *b*. et *c*) ; *m*. rayon médullaire ; *t*. pore (gross. 200 fois).

vers le commencement de l'été, les nouvelles cellules ligneuses s'épaississent davantage et leur extension latérale se restreint proportionnellement. Enfin quand la pousse de l'année est entièrement formée et que le bourgeon se ferme, les cellules ligneuses qui naissent alors s'étendent à peine en largeur et restent, par conséquent, lamellaires, tout en s'épaississant beaucoup plus fort (Fig. 75. *b*).

A la fin de l'automne la végétation s'éteint complétement pour recommencer au début du printemps suivant. Après la dernière série des cellules d'automne d'une année vient donc la première série des cellules vernales de l'année suivante ; de là résulte la distinction si nette, et reconnaissable même à l'œil nu, que l'on remarque entre les couches annuelles du bois ; elle n'est nulle part plus visible que chez nos Conifères où la différence du bois d'automne et du bois de printemps est la plus frappante. On voit, même à l'œil nu, que les cellules d'automne de ces arbres, ayant leurs parois épaissies, sont plus fortement colorées, tandis que les cellules de printemps, beaucoup plus larges, et contenant par conséquent plus d'air, conservent une coloration plus pâle. Chez quelques arbres forestiers, les limites des couches annuelles sont, à la vérité, moins tranchées, en même temps que la présence des vaisseaux entre les cellules ligneuses donne encore lieu à beaucoup d'autres modifications. Il faut ici s'aider du microscope pour discerner les limites des cercles annuels. (Hartig nomme les cellules ligneuses des Conifères des fibres rondes (*Rundfasern*), quand elles sont formées au printemps, et il désigne sous le nom de fibres plates (*Breitfasern*) celles qui se développent en automne.)

La plupart des arbres tropicaux, dont la croissance n'est jamais interrompue, ne présentent pas de cercles annuels (*Araucaria brasiliensis*, *Cinchona succirubra, Coffea arabica, Ardisia excelsa, Erica arborea, Vaccinium padifolium, Artocarpus incisa, Theobroma cacao, Euphorbia canariensis*, etc.). D'autres, au contraire, laissant entre leurs périodes végétatives des intervalles très-courts, n'en montrent que des indices (quelques espèces de Lauriers) : mais tous les arbres exotiques qui perdent périodiquement leurs feuilles et qui ferment leurs bourgeons, forment aussi, comme nos arbres, chaque année, une nouvelle zone de bois (Le Baobab (*Adansonia digitata*) et le genre Bombax).

On peut évaluer l'âge d'un arbre, d'une branche ou d'une racine, d'après le nombre des zones ligneuses annuelles ; cette zone fournit, en outre, des indices indélébiles de l'histoire de l'arbre et de la branche : on voit s'ils ont poussé plus une année que l'autre, on recon-

naît si la croissance, dans une même année, a eu lieu plus d'un côté que de l'autre et l'on peut même conclure de la constitution des zones ligneuses aux circonstances spéciales dans lesquelles ils se sont trouvés. Ainsi des arbres qui poussent en liberté développent en général de fortes branches et des rameaux vigoureux, la tige s'épaissit plus fort, tandis que leur croissance en hauteur est au contraire restreinte. Les cercles annuels du bois sont dans ce cas plus larges et le bois de printemps prédomine visiblement : il est plus développé que le bois d'automne. Si l'on considère un Epicea ou un Sapin, ayant un côté libre, tandis que l'autre est gêné par quelque cause extérieure, comme par exemple le voisinage d'autres arbres de même hauteur, on s'aperçoit que le côté libre forme plus volontiers de nouvelles branches et que la zone ligneuse y est plus large que de l'autre côté. Quand on voit, sur la coupe d'un tronc, après un certain nombre de cercles annuels très-minces, les couches de bois devenir manifestement plus larges, on peut en conclure que l'arbre a été d'abord étroitement enfermé ou complétement étouffé, et qu'il s'est trouvé tout-à-coup inondé de lumière, par suite, probablement, de ce que les arbres qui l'entouraient ont été abattus. La cîme pouvait dès lors s'élargir davantage et la formation du bois a augmenté proportionnellement à la multiplication des branches. Si les cercles annuels d'un tronc sont plus larges d'un côté que de l'autre, on peut, en général, en conclure que le côté où les couches ligneuses sont le plus larges, a été mieux éclairé que l'autre. Les arbres croissant sur le versant d'une montagne développent du côté libre plus de branches et, par suite, les couches concentriques annuelles sont plus larges de ce côté.

Le bois, dont les zones concentriques annuelles sont les plus larges, est naturellement plus léger que celui où ces mêmes zones sont plus étroites : il contient en effet, pour la même surface, plus de bois de printemps que ce dernier, bien que la proportion du bois de printemps au bois d'automne reste sensiblement la même dans chaque couche. Lorsqu'on veut obtenir un bois dur et compacte, on doit, par conséquent, diminuer l'épaississement annuel, par exemple en conservant d'épais taillis ; le bois gagne alors peu en épaisseur mais sa dureté et sa valeur augmentent proportionnellement. La même espèce d'arbre forme donc, d'après l'aménagement et l'élagage, du bois entièrement différent sous le rapport de la compacité et du pouvoir calorifique ; la tige elle-même croît plus

ou moins en longueur suivant le système de culture. En liberté l'arbre étend ses branches et ses rameaux, tandis que la croissance en longueur de la maîtresse-pousse reste en arrière ; le tronc et les branches s'épaississent fort, mais le bois devient noueux, léger et il est par suite moins convenable pour les charpentes et le chauffage.

Dans une épaisse forêt, au contraire, la formation des branches et des rameaux est restreinte et la croissance en longueur de la maîtresse-pousse se trouve favorisée ; le tronc et les rameaux ne s'épaississent pas à la vérité aussi fort, mais la tige s'élève plus haut, le bois est moins noueux, beaucoup plus compacte et il a, en conséquence, sans contredit, plus de valeur pour la bâtisse et comme combustible.

Un Pin, vivant dans un endroit sombre et touffu, est un tout autre arbre que celui dont la croissance est libre et dont le bois est beaucoup plus léger et par suite d'un prix inférieur. Le Pin des Canaries lui-même qui, dans les forêts domaniales et montagneuses de Ténériffe et de la Grande-Canarie, atteint jusqu'à cent cinquante pieds d'élévation, dépasse rarement, lorsqu'il est isolé dans le bas-pays, la hauteur de soixante pieds et change son port pyramidal contre une cîme en forme de coupole irrégulière. Ses aiguilles, qui dans la montagne n'ont que six à huit pouces de longueur deviennent dans la plaine longues de plus d'un pied. Mais le bois du bas-pays a une valeur beaucoup moindre que celui des régions montueuses qui est impérissable par sa compacité et la résine qu'il contient. De même le Hêtre étend, quand sa croissance est libre, ses vastes branches au-dessus d'un large espace, tandis que dans les forêts il est plus élancé, son tronc plus délié s'élève comme une colonne et supporte un épais couronnement de feuillage. Dans un bois assez touffu où le Sapin est mélangé au Hêtre, celui-ci rivalise avec le premier et il atteint à peu près la même hauteur : quand la futaie est très-resserrée, très-enfermée, on produit surtout des troncs hauts, forts, droits et peu fournis de branches avec des cercles annuels minces et un bois compacte.

En général, plus les zones concentriques annuelles sont étroites, plus le bois est compacte : les couches ligneuses de l'If (*Taxus*), par exemple, sont d'une minceur extraordinaire ; par contre le bois est excessivement compacte. De même les couches concentriques des Conifères qui ont végété dans les régions les plus septentrionales ou sur de hautes montagnes, sont également très-minces et leur bois est très-recherché pour sa solidité.

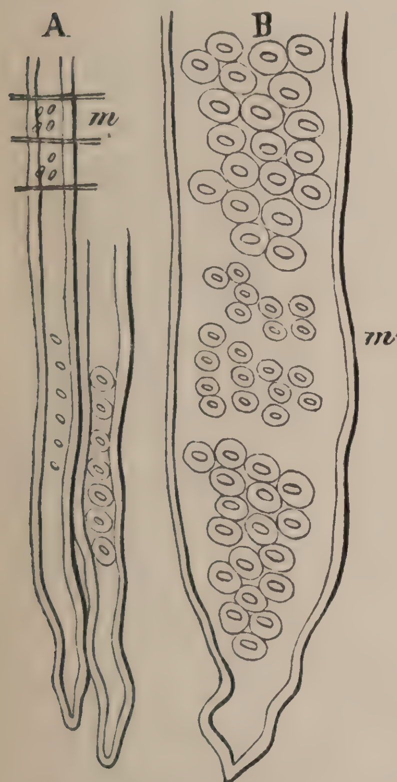
Un tronc centenaire de Pin des Alpes (*Pinus pumilio*) a en pareil cas

un diamètre d'à peine quatre à cinq pouces. Les arbres de cette provenance sont généralement petits et rabougris : de forts troncs sont très-rares et d'un âge très-avancé. Le Pin croissant dans un sol marécageux pousse, au contraire, très-vite pendant les premières années et forme des couches annuelles très-larges ; mais sa végétation se ralentit plus tard et l'arbre fournit un bois sans valeur.

L'allure de la forêt, le climat, l'exposition et la nature du sol ont donc, en général, une grande influence sur la vie de l'arbre et sur la formation de son bois.

Les arbres dont les bourgeons terminaux ne se ferment que tard, forment généralement de larges cercles annuels ; les troncs du Bouleau et de l'Aulne s'épaississent, en conséquence, plus vite que le tronc du Chêne et du Hêtre. Chez eux le bois de printemps prédomine ; puisque le bois d'automne ne commence à se former que quand le bourgeon se ferme. Dans la racine, qui, chez tous les arbres, arrête sa croissance en longueur plus tard que la tige, le bois de printemps est aussi prédominant, c'est ce qui fait qu'ici les cellules, du moins chez les Conifères, sont plus larges, et quelquefois même quatre fois aussi larges, que les cellules du bois de la tige ; il se présente chez elles des cellules ligneuses avec trois ou quatre séries de ponctuations, tandis que dans la tige il ne se rencontre que des cellules à bois avec une seule série de points (Fig. 76). La pousse sauvage ou branche gourmande, dont le bourgeon terminal se ferme plus tard que celui des branches ordinaires, a des couches concentriques annuelles plus larges dans lesquelles les cellules de printemps prédominent ; elle donne, par conséquent, un bois plus léger que celui des branches normales.

Fig. 76.



Dans les verreries, les fonderies et les forges des forêts de la Thuringe, on préfère employer ce qu'on appelle du bois de souche, c'est-à-dire du bois de racine, parce qu'il est excessivement bon marché et

Fig. 76. *Araucaria brasiliensis*. *A*. Cellule ligneuse et isolée de la tige. *B*. Cellule ligneuse de la racine ; *m*. entrecroisement d'un rayon médullaire (gross. 200 fois).

que, grâce à sa constitution poreuse, il donne un feu de flamme très-vif. Il a aussi, d'après Pfeil, quand il provient de vieux Pins, à cause de la grande quantité de résine qu'il renferme, plus de pouvoir calorifique que le bois de la tige dont les cellules, plus étroites que celles de la racine, ne pourraient pas absorber autant de résine. Mais on confond d'ailleurs avec le bois de souche la partie inférieure de la tige, ce qu'on appelle le collet, dont le bois est compacte comme celui de la tige elle-même.

Le plus jeune bois, situé à l'extérieur et dont les rayons médullaires et le parenchyme ligneux conduisent encore la sève, s'appelle *aubier ;* le bois le plus vieux, le plus intérieur, quand il se distingue par sa couleur et d'autres propriétés, s'appelle cœur du bois (*duramen*); l'aubier d'un tronc abattu au printemps est humide et d'une coloration plus claire que le duramen qui, en général, est incomparablement plus compacte et a, par suite, une plus grande valeur.

Dans l'embryon comme dans le bourgeon, la zone génératrice sépare, ainsi que nous l'avons vu, la moëlle de l'écorce. La moëlle ne s'accroît pas au moyen de la zone génératrice et la partie primitive de l'écorce ne s'augmente pas non plus par ce moyen ; les parties d'écorce que forme la zone génératrice, de la manière décrite plus haut, sont d'une toute autre espèce. Dans l'écorce primitive ou primaire, qui est limitée à l'extérieur par un véritable épiderme, il ne se trouve pas de cellules à liber ; c'est dans son épaisseur que se développent, au contraire, les conduits à résine de la plupart des Conifères, qui, à l'exception du Mélèze, ne se reforment plus par la suite. Cette écorce primitive ou bien reste active pendant un temps plus ou moins long, ou bien meurt de bonne heure ; dans le premier cas, les cellules dont elle se compose se multiplient de telle sorte qu'elles se prêtent à la croissance en épaisseur de la partie intérieure du tronc ; mais, dans le second cas, elle tombe, dans certaines conditions, à la suite d'une formation de liége. L'épiderme de l'écorce se dessèche généralement dès la première année, parce que en dessous de lui se développent des couches subéreuses ; avec lui disparaît le duvet de poils que beaucoup de jeunes branches possèdent, par exemple le Hêtre et le Sapin. Le Gui et le Houx (*Ilex europœa*) gardent leur épiderme sur les branches pendant plusieurs années et restent, par suite, verts et luisants.

Les autres parties de l'écorce primaire se conservent beaucoup plus longtemps et persistent, en général, pendant nombre d'années, par exemple chez le Tilleul, le Hêtre et le Sapin ; le Pin, au contraire, comme

tous les arbres dont l'écorce s'exfolie, perd de bonne heure cette partie de l'écorce et, avec elle, les tissus qui lui sont propres. — La surface lisse du Hêtre et du Sapin, l'exfoliation du Bouleau, l'écaillement du Pin et du Mélèze, le crevassement du Chêne résultent uniquement du système végétatif de l'écorce, qui se révèle comme une conséquence de la présence ou de l'absence de certaines espèces de cellules et du système de leur coopération. — Je parlerai d'une manière plus circonstanciée de la constitution du bois et de l'écorce dans le VIIe chapitre.

Les Palmiers et le Dragonier, comme toutes les plantes monocotylédonées, épaississent leurs tiges un peu différemment que nos arbres dicotylédonés. Chez eux il y a bien aussi une zone génératrice au moyen de laquelle la tige croît dans son pourtour, mais cette zone ne reste pas indéfiniment active pendant toute la vie de la plante, vu qu'il y a des Palmiers qui n'épaississent leurs stipes que jusqu'à un certain âge déterminé. Sous le bourgeon terminal de l'embryon, se forme, chez les Palmiers et le Dragonier, la zone génératrice et avec elle naissent les premiers faisceaux vasculaires ; leur cambium ne reste cependant pas dans le système vasculaire et, par suite, n'en constitue pas une partie essentielle, comme chez les dicotylédones ; ils ne peuvent pas non plus parvenir à se former en un tout, mais ils se multiplient, au contraire, par une ramification latérale à l'intérieur de la zone génératrice.

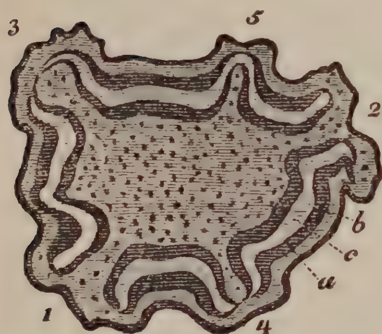
La coupe transversale d'une tige monocotylédone (Fig. 25) montre des faisceaux vasculaires épars sans aucune liaison apparente entre eux ; on ne trouve pas de trace d'un cercle ligneux nettement limité et parfaitement clos, ni de limite bien tranchée autour de la moëlle, comme l'étui médullaire des dicotylédones ; il manque, en outre, les couches du liber proprement dites, engendrées dans l'écorce secondaire par la zone génératrice.

Chaque ramification du système vasculaire montre, au contraire, sur une coupe transversale, tous ses éléments réunis en un seul faisceau ; au milieu se trouve le cambium entouré de vaisseaux, de cellules ligneuses et de cellules libériennes (Fig. 27) ; un pareil faisceau vasculaire ne croît même plus en largeur et il est en quelque sorte complet et refermé sur lui-même. A mesure que la tige s'épaissit, le nombre des faisceaux vasculaires s'augmente dans son intérieur, ceux qui existaient précédemment se divisant aussi bien latéralement que dans la direction de l'écorce. Bien qu'il n'existe pas de moëlle nettement délimitée,

on peut désigner sous le nom de cercle ligneux des monocotylédones (chez le Dragonier et chez beaucoup de Palmiers) la partie de la tige qui se trouve sous la zone génératrice, lorsque le parenchyme qui sépare les nombreux faisceaux vasculaires se lignifie : les plus jeunes faisceaux se trouvent aussi toujours dans le voisinage immédiat de la zone génératrice. Dans l'écorce de quelques monocotylédones courent, en outre, des faisceaux vasculaires qui ne contiennent que des cellules libériennes et qui passent avec les autres dans les feuilles (*Pandanus*, *Chamaedorea*).

Chez les Fougères arborescentes, la zone génératrice paraît devenir très-tôt inactive ; leur tige ne s'épaissit, en conséquence, que pendant un temps fort court.

Fig. 77.



Les faisceaux vasculaires naissent ici en groupes puissants dans la zone génératrice (Fig. 77) et sont circonscrits des deux côtés par des cellules fortement lignifiées et d'une coloration sombre. Chez quelques espèces, des faisceaux vasculaires plus petits et très-nombreux sont éparpillés dans la moëlle centrale. La disposition des grands groupes de faisceaux vasculaires est déterminée par l'émergence de ces faisceaux vers les feuilles ou frondes, et les faisceaux vasculaires plus petits, qui se trouvent dans la moëlle, continuent eux-mêmes de s'avancer vers ces frondes suivant un ordre déterminé. Les faisceaux vasculaires des Fougères, comme de toutes les cryptogames en général, sont caractérisés par ce fait que leur cambium entoure les vaisseaux (Fig. 78) et que les cellules ligneuses proprement dites manquent, ainsi que les cellules libériennes. Tandis que les Fougères et les cryptogames en général n'épaississent plus leurs tiges, l'Isoète de nos lacs (*Isoetes lacustris*) possède, comme seule exception connue, une zone génératrice persistante et active ; mais cette activité réside exclusivement dans la face extérieure, de sorte que la partie interne de la tige ne s'épaissit pas : l'écorce meurt du côté extérieur à mesure qu'elle est reformée à l'intérieur, de telle sorte que la courte tige de cette plante ne change guère de circonférence.

Fig. 77. Coupe transversale d'une tige de Fougère tropicale : *a.* et *b.* couches de cellules fortement lignifiées, qui environnent le système vasculaire (*c*) ; 1-5 les induvies ou les bases persistantes des anciennes frondes ; 1 la plus supérieure et par conséquent la plus jeune fronde ; 5 la plus ancienne et par suite la plus basse (grand. natur.).

La tige des dicotylédones ne s'épaissit pas, dans tous les cas, de la manière décrite précédemment.

Notre Betterave (*Beta vulgaris*) par exemple, montre, sur la coupe transversale de sa racine, des couches concentriques nettement distinctes qui consistent en zones vasculaires séparées par du tissu cellulaire ou parenchyme. Chez le *Phytolacca dioïca*, qui forme dans l'Espagne méridionale des arbres élevés et qui doit à son épaisse couronne le surnom de *Bella sombra*, chez les Chénopodiacées arborescentes des steppes du Kurgistan, dans les Ménispermum et les Cycadées, l'organisation normale est plus ou moins modifiée. Un cylindre vasculaire en suit ici un autre et le nombre des faisceaux du cylindre extérieur est, en général, à peu près double de celui de la zone précédente (Fig. 79). La Betterave et le Phytolacca forment, en un été, une quantité de ces zones de faisceaux vasculaires ; le genre Ménispermum et les Cycas emploient, au contraire, plusieurs années à la formation de chaque cercle de ces faisceaux. Chez les Bignoniacées, qui appartiennent au groupe de Lianes des forêts tropicales, la croissance diamétrale de la tige est encore plus singulière ; en effet, ici, après qu'un cercle ligneux de formation normale dicotylédonée a d'abord pris naissance, la formation ligneuse s'arrête ordinairement en quatre endroits opposés transversalement et elle est remplacée par une formation d'écorce ; il en résulte que le corps ligneux présente la figure d'une

Fig. 78.

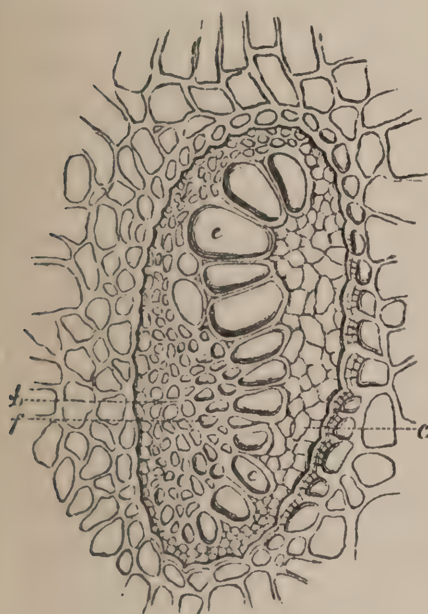


Fig. 79



Fig. 78. Coupe transversale d'un faisceau vasculaire d'une fronde de *Pteris aquilina* : *cb*. cellules de cambium ; *e*. vaisseaux scalariformes larges ; *f*. vaisseaux proprement dits épaissis en forme spiraloïde.

Fig. 79. Partie de la coupe transversale d'une tige plurannuelle de *Cocculus laurifolius* : *a*. système ligneux du cylindre intérieur dont le cambium (*cb*.) est enveloppé d'un liber en forme semicirculaire. *a*.+ Système ligneux du second cylindre, dont le cambium *cb*+, comme dans toutes les zones qui se formeront ultérieurement, ne développera pas de liber ; *c*. la moëlle ; *f*. un rayon médullaire primaire ; *g*. un rayon médullaire interposé dans le cylindre ligneux de seconde formation ; *x*. l'écorce (gross. 5 fois).

croix bien que la tige reste cylindrique (Fig. 80). Il se forme, chez quelques espèces, pendant l'épaississement de la tige et d'une façon très-régulière, de nouveaux rayons d'écorce qui représentent sur la coupe transversale les dessins les plus délicats (Fig. 81). Dans les Paullinia et Serjania, qui sont des lianes, on trouve, autour d'une maîtresse-tige centrale et dans un ordre régulier, des branches latérales qui courent parallèlement à sa direction et possèdent chacune une écorce propre reliée à celle des autres par du parenchyme (Fig. 82).

Fig. 80.

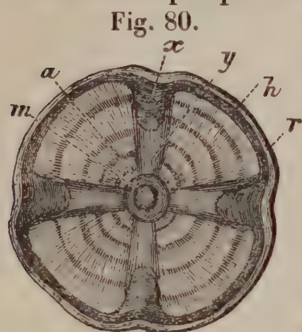


Fig. 81.

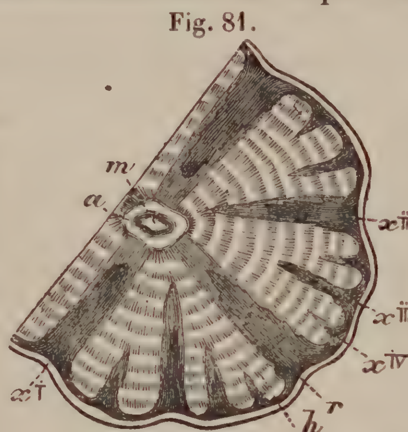
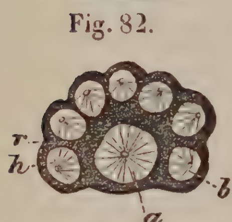


Fig. 82.



La forme du pourtour d'une tige dépend soit de son mode de sortie du bourgeon, soit de la manière dont elle continue sa formation. Il s'ensuit qu'on rencontre des tiges ou portions de tiges cylindriques, anguleuses, ailées ou aplaties, ce dont les Cactées et les Euphorbiacées exotiques présentent une foule d'exemples. Le plus grand nombre de nos arbres ont leurs tiges et leurs branches cylindriques ; mais l'inégalité de développement des couches ligneuses, dont nous avons recherché les causes plus haut, peut toutefois modifier la régularité de cette forme primitive. Beaucoup d'arbres des tropiques possèdent, au contraire, des tiges anguleuses, par exemple, d'après les recherches de H. Crüger (1), le *Cassia quinqueangulata* (Fig. 83) ; la tige de notre Ortie est anguleuse et celle de beaucoup de Labiées est quadrangulaire et ailée. L'exemple le plus remarquable d'une tige aplatie est peut-être offert par l'*Heritiera fomes*, arbre des

Fig. 80. Coupe transversale à travers la tige d'une espèce indéterminée de Bignonia : *m.* la moëlle centrale ; *a.* cylindre ligneux primitif ; *h.* corps ligneux avec couches concentriques ; *y.* tissu ligneux se distinguant légèrement par sa structure et sa disposition du corps ligneux proprement dit : *x.* tissu cortical qui, sauf en quatre endroits, forme une enveloppe mince autour de la tige (grand. natur.).

Fig. 81. Coupe transversale de la tige d'une autre espèce de Bignonia : *m.* la moëlle ; *a.* l'anneau ligneux le plus âgé ; *h.* corps ligneux ; *r.* l'écorce ; *xI.* premier percement du bois par l'écorce ; *xII* à *xIV.* prolongements ultérieurs de l'écorce dans le bois (grand. natur.).

Fig. 82. Coupe transversale de la tige d'un Paullinia : *a.* Tige principale, environnée de sept branches latérales (*b.* et *h.*) ; *r.* l'écorce (grand. natur.).

---

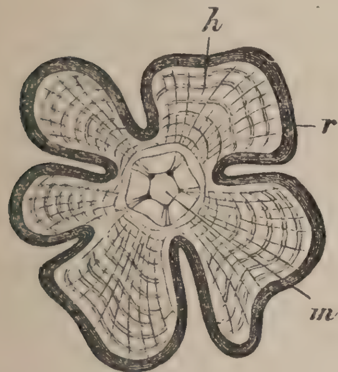
(1) Botanische zeitung. 1851. Pl. VII. Fig. 20-22.

tropiques, dont la tige, cylindrique dans l'origine, s'épaissit ensuite suivant deux lignes opposées de manière à former une véritable planche naturelle entourée d'une mince écorce : j'ai observé une tige de cette plante, qui avait un pied et demi de largeur sur quatre pouces seulement d'épaisseur. Quelques arbres développent parfois dans certaines conditions tératologiques des branches aplaties et en forme de lame de sabre.

Chez le Saule, le Pin et le *Clethra arborea* (espèce de Pirolacée arborescente), j'ai vu de pareilles déformations, qui ne sont pas rares non plus chez le Myrte de nos orangeries. L'inflorescence en crête-de-coq du Celosia de la famille des Amaranthacées est aussi une déviation du même genre du pédoncule floral.

Nous trouvons enfin des axes aplatis d'une manière permanente, chez le Ruscus, chez quelques Euphorbiacées (*Phyllanthus*) et des Cactées.

Fig. 83.



Les rameaux foliacés du Ruscus naissent à l'aisselle de vraies feuilles, au moyen de bourgeons proprement dits, insérés sur une tige ou sur une branche cylindrique. Ce jeune bourgeon du rameau foliacé est muni d'un cône végétatif ; il forme, à peine ébauché, une ou plusieurs feuilles, dans l'aisselle desquelles se présentent, même de très-bonne heure, des bourgeons renfermant une inflorescence. A cette époque, l'ébauche du rameau foliacé paraît à peine comprimée ; la partie qui a formé la feuille et le bourgeon d'inflorescence renferme en outre une zone génératrice où se trouvent des faisceaux vasculaires disposés en cercles. Mais, dès que la feuille et les boutons se sont formés, le cône végétatif d'un rameau foliacé s'arrête et son extrémité s'allonge immédiatement après, par la simple extension des cellules existantes, en même temps qu'il se développe sur les côtés en prenant une forme aplatie, ce qui détermine l'aspect foliacé. L'épiderme a la même structure sur les deux faces qui toutes deux sont munies de stomates, tandis que pour les véritables feuilles du Ruscus ces organes sont exclusivement répartis sur le derme inférieur. Le cône végétatif du bourgeon terminal d'une branche cylindrique se divise fréquemment en devenant foliacé, ce qui a pour effet de ren-

Fig. 83. Coupe transversale de la tige du *Cassia quinqueangulata* : *m.* la moëlle ; *h.* le bois ; *r.* l'écorce. La formation du bois s'est arrêtée à certains endroits déterminés.

dre leur extrémité fourchue ou trifide ; la véritable feuille dans l'aisselle de laquelle ils se sont formés, se flétrit, se dessèche rapidement et tombe. Les fleurs se développent, chez certaines espèces de Ruscus, à la surface supérieure des rameaux foliacés, chez d'autres à la face inférieure et chez le *Ruscus androgynus*, originaire de Madère, le long du contour qui porte toute une rangée de petites feuilles squammeuses, de l'aisselle desquelles sortent des bourgeons floraux. Le Ruscus possède donc deux sortes de tiges : la tige cylindrique, dont le cône végétatif reste le plus longtemps actif, donne des feuilles dans l'aisselle desquelles naissent les bourgeons caulinaires qui forment une branche soit cylindrique soit aplatie. La première espèce de branche forme à son tour des feuilles dans l'aisselle desquelles naissent des rameaux plats ; l'autre devient directement un rameau foliacé, et ce dernier développe des feuilles dans l'aisselle desquelles ne se présentent que des fleurs. Mais, comme le bourgeon terminal des branches cylindriques devient enfin lui-même une tige plate, cette branche ne peut pas non plus continuer à croître ; la racine vivace pousse, chaque année au printemps, de nouvelles tiges qui sortent de terre, comme chez l'Asperge.

Le *Rhipsalis Zwarziana*, espèce de Cactée à tige aplatie, porte ses fleurs d'un blanc jaunâtre dans les échancrures de celle-ci, où de petites écailles desséchées représentent le rudiment des feuilles misérablement développées. Une forte nervure médiane, d'où partent des nervures latérales vers les échancrures susdites, traverse toute la tige plate. La nervure médiane montre, sur la coupe transversale, une zone génératrice bien manifeste et dont les faisceaux vasculaires, d'après la coutume des dicotylédones, sont disposés en cercle ligneux et pourvus d'une zone de liber Les nervures latérales présentent une organisation semblable ; leurs faisceaux vasculaires se perdent, tant au bout de la tige aplatie que près de ses échancrures, dans un tissu de formation.

Chez les jeunes tiges l'extrémité, aussi bien que chaque échancrure, porte un cône végétatif : cependant celui-ci meurt fréquemment et, dans ce cas, des bourgeons adventifs latéraux se forment plus tard à sa place.

Le sommet d'une vieille tige peut donc développer aussi bien une que deux ou trois jeunes tiges ; de même les échancrures du pourtour verront surgir soit une fleur solitaire, soit plusieurs fleurs serrées les unes contre les autres. Cette tige aplatie de Rhipsalis correspond in-

contestablement à une branche pourvue de ramifications latérales qui sont reliées toutes ensemble par du tissu cortical, étendu en forme lamellaire. L'épiderme, développé des deux côtés de la même manière, est uniformément percé de stomates. Le Cactus à cochenille (*Opuntia ficus-indica*) et les Opuntiées en général, se composent de différentes branches irrégulières et articulées qui naissent sans aucun ordre au moyen de bourgeons axillaires sur les vieilles branches et forment, par exemple aux Canaries, des végétations arborescentes qui souvent atteignent une hauteur de plus de vingt pieds.

Après avoir considéré la croissance diamétrale et la forme du pourtour de la tige et de la branche, nous avons à nous occuper de la croissance en hauteur. Or la tige et les branches s'allongent au moyen de leur bourgeon terminal : quand celui-ci conserve invariablement son activité végétative la branche et la tige croissent sans interruption, comme cela se présente chez quelques plantes des tropiques. Dans notre zone au contraire la croissance des tiges, en hauteur, aussi bien qu'en diamètre, se restreint périodiquement ou plutôt s'arrête complétement sous l'influence des circonstances climatériques. Le bourgeon terminal de nos arbres se ferme, c'est-à-dire que les feuilles, insérées sous son cône végétatif, au lieu de persister dans leur nature foliacée, se transforment en écailles ; leurs mérithalles ne s'allongent pas, de sorte que les cercles squammeux se trouvent resserrés l'un contre l'autre ; avec cette formation s'arrête l'allongement de la pousse. La pousse de l'année ne s'allonge donc qu'autant que son bourgeon n'est pas fermé ; dès que ses feuilles sont entièrement étalées et que son bourgeon terminal s'est clos, sa croissance en longueur s'arrête et de ce moment il se dépose dans le cercle ligneux des cellules épaissies autrement et plus fortement que les autres et qui, une fois formées, ne peuvent s'allonger que peu ou point. Les parties âgées de la tige ou des branches ne s'allongent donc plus et l'accroissement en longueur de ces dernières dépend entièrement et uniquement de l'activité de leur bourgeon terminal. Le jeune Sapin ne forme, dans sa première année de vie, qu'une pousse brève, d'un pouce à peine de longueur ; dans la seconde année, au contraire, il donne un jet plus long du double, qui acquiert dans la troisième année une longueur quadruple ; en même temps naissent aussi des pousses latérales dont la longueur augmente annuellement, tandis que la croissance en hauteur de la maîtresse-tige reste étouffée pendant dix à douze ans environ. Le petit arbre, haut de deux à trois pieds, fait ensuite, et presque in-

stantanément, une maîtresse-pousse longue d'un pied et continue ce système de croissance pendant de longues années pour développer un grand arbre qui ne cesse de s'allonger pendant 80 ou 100 ans. L'Epicea forme aussi pendant 10 à 12 ans des pousses fortes et épaisses. On ne vérifie l'âge d'une jeune tige ou d'une branche, chez les Conifères, que par les écailles persistantes des bourgeons et, chez les arbres à feuilles membraneuses, avec un peu moins de facilité il est vrai, par les mérithalles écourtés qui ont porté les écailles des bourgeons fermés.

Quand un arbre forme beaucoup de branches et que celles-ci croissent vigoureusement, l'élévation de la maîtresse-tige reste généralement en arrière. Le jeune Sapin et l'Epicea jusqu'à la douzième année environ, n'ont, comme nous venons de le voir, que peu de hauteur, parce que l'arbre emploie toutes ses forces à former de nouvelles branches; plus tard ces relations changent et la tige pousse puissamment en hauteur. Les Palmiers, qui ne se ramifient point, s'élancent en longues colonnes vers le ciel. Nos arbres forestiers, quand ils sont resserrés, deviennent plus hauts et plus droits, parce que la croissance en hauteur de leur maîtresse-tige se fait aux dépens des branches latérales qui se trouvent gênées dans leur développement. Un arbre qui a perdu sa maîtresse-pousse et qui ne forme pas de branches à sa place, ne croît plus en hauteur, ce dont nos Saules en têtard fournissent un exemple ; comme ils sont produits par une bouture privée de son bourgeon terminal et qu'ils sont étêtés tous les deux ans, ils ne peuvent former de fortes branches ; par contre ils développent d'innombrables rameaux.

L'Epicea, le Sapin, le Mélèze et le Pin, qui sont pourvus d'une maîtresse-pousse, restent rabougris quand celle-ci vient à manquer et qu'ils ne peuvent la remplacer ; seulement, il se développe, en général, une nouvelle pousse principale au moyen d'un bourgeon qui apparaît sous la pointe perdue ; il est beaucoup plus rare de voir deux ou plusieurs pousses s'élevant vers le haut, ce qui donne lieu à un tronc fourchu. Dans le district forestier de Katzhütte (duché de Schwarzburg Rudelstadt) se trouve un Epicea qui semble âgé de deux cents ans et dont le tronc très-fort, a formé, à une hauteur d'environ 20 pieds, neuf puissantes maîtresses tiges, éloignées chacune de plusieurs pieds de ses voisines, et qui montent verticalement vers le ciel, de sorte que l'arbre ressemble à un gigantesque candelabre d'église, à neuf bras, et avec de hauts cierges. Il y a de même près de Baden (Forêt-Noire)

un Sapin divisé comme une fourchette colossale. L'Epicea projette surtout de nombreuses maîtresses-tiges quand il sert de haie et qu'il est mal entretenu sous le ciseau ; le Pin, au contraire, ne peut remplacer que dans sa première jeunesse la maîtresse-pousse perdue ; tondu par les moutons, il conserve l'apparence d'un buisson rabougri ; mais le Mélèze, remplace très-facilement, d'après Pfeil, au moyen de nouveaux bourgeons, la maîtresse-pousse perdue et, conséquemment, remédie aux dégradations plus facilement que les autres Conifères.

La croissance en hauteur des arbres dépend donc, d'après ce que nous venons de voir, de l'allongement du bourgeon terminal de leur tronc : ce bourgeon produit chaque année une nouvelle pousse qui s'accroît par la multiplication des cellules dans les entrenœuds ; chaque branche s'allonge de la même manière au moyen de son bourgeon terminal. L'allongement de la tige, comme celui des branches, dépend donc de leurs bourgeons terminaux ; aussitôt que la vie devient plus faible, la croissance en hauteur de la tige et de la branche diminue et dès l'instant où la vie cesse ou se perd d'une manière quelconque, l'allongement de l'organe en question s'arrête complétement.

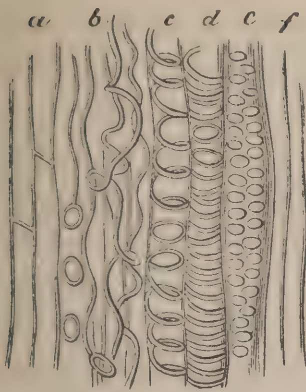
La jeune pousse croît par l'allongement de ses entrenœuds ; quand il s'arrête, son développement est achevé. De même que pour la formation des feuilles cette croissance va de bas en haut, de sorte que le mérithalle le plus inférieur commence d'abord à s'étendre pour cesser le premier de le faire ; par contre, le dernier est le plus longtemps extensible. Presque tous les arbres à feuilles membraneuses s'élèvent donc de la longueur des mérithalles d'une pousse annuelle ; ce fait est la conséquence du mode de formation du cercle ligneux, lequel s'opère de bas en haut ; la production de véritables cellules ligneuses et de vaisseaux poreux met fin à l'allongement de la partie que cela concerne. De même, aussitôt que le dernier entrenœud a reçu son cercle ligneux, la croissance de la pousse est terminée, la formation de bois d'automne commence et le bourgeon ferme son cône végétatif. La maîtresse-pousse du Pin produit au printemps, dans l'espace d'une semaine, un jet qu'il n'est pas rare de voir atteindre une longueur de deux pieds, et qui, faiblement coloré en jaune, sort du bourgeon dans lequel il se trouvait en automne et allonge très-vite ses cellules délicates, pleines de sève et encore très-courtes. Quand ce jet a presque atteint sa longueur, la formation du cercle ligneux commence au moyen de la zone génératrice, après quoi la croissance en longueur est bientôt terminée. La production de cel-

lules fortement lignifiées, et non plus de cellules susceptibles d'extension, arrête, en général chez toutes les plantes, l'allongement des organes axillaires. Les mérithalles du Dragonier ne s'allongent donc qu'aussi longtemps qu'ils forment encore des faisceaux vasculaires sans cellules ligneuses. Avec l'apparition de cellules lignifiées s'arrête, chez l'Asperge, l'allongement des mérithalles correspondants.

Les vaisseaux annulaires et spiraux sont les premières formations qui apparaissent dans le faisceau vasculaire d'un nouveau mérithalle ou d'un nouvel organe. Ces vaisseaux naissent à l'époque où les organes s'allongent encore et ils croissent en longueur avec ces derniers; en conséquence, dans toutes les tiges qui croissent rapidement et surtout aussi longtemps qu'elles se contentent de s'étendre, on ne trouve que ces deux formes de cellules vasculaires; on peut, par l'examen comparé des jeunes et des vieux mérithalles, se convaincre aisément de leur allongement, puisque on trouve dans les mérithalles les plus jeunes des cellules vasculaires courtes avec des stries ou des anneaux rapprochés les uns des autres, et que, dans les mérithalles plus âgés et plus allongés, ces mêmes cellules vasculaires sont allongées et se représentent avec des stries et des anneaux plus éloignés; on y rencontre en outre des vaisseaux de formation nouvelle, composés de cellules plus courtes et plus larges, avec des spiricules plus surbaissées. Dès que l'allongement des mérithalles vient à cesser, on voit apparaître aussitôt des cellules vasculaires plus courtes, présentant un épaississement réticulé, cellules qui, chez les plantes dicotylédones, font enfin place aux vaisseaux ponctués et aux cellules ligneuses proprement dites; ainsi se complète la formation d'une couche de bois. On peut apercevoir des transitions entre les diverses formes cellulaires depuis les vaisseaux annulaires et spiraux avec une spiricule étirée, jusqu'aux vaisseaux ponctués, dans chaque tige de plantes monocotylédones (Orchidées) (Fig. 84), et dans chaque jeune branche (Chêne, Hêtre). Mais le vaisseau en spirale ou en anneau peut encore très-bien s'allonger, vu que sa paroi n'est épaissie et lignifiée qu'en certains endroits; en effet, les parties de la paroi comprises entre les anneaux ou entre les enroulements de la bande spirale, ne sont que faiblement épaissies, s'étendent et éloignent ainsi l'une de l'autre chaque spire de cette bande. Le vaisseau réticulé et ponctué, au contraire (dont les parties épaissies sont reliées entre elles de toutes parts, de sorte qu'elles ne peuvent pas, comme les cercles libres et les enroulements de la bande en spirale, s'éloigner les unes des autres), ne

peut croître davantage sans déchirement, de sorte que l'apparition de ce vaisseau termine la croissance en longueur des mérithalles. Aussi ne trouvons-nous dans l'étui médullaire, comme nous l'avons déjà mentionné, que des vaisseaux annulaires ou en spirale et jamais des vaisseaux réticulés, scalariformes ou ponctués, lesquels commencent à paraître avec les cellules ligneuses et aussitôt que l'organe que cela concerne ne s'allonge plus. Quand la jeune pousse de Hêtre s'échappe de son bourgeon, au printemps, ses mérithalles grandissent en quelques jours et cette jeune branche, encore très-molle et dont l'étui médullaire ne contient que des vaisseaux annulaires et spiraux, s'abaisse en forme d'arc sous le faix de ses feuilles qui se déploient. Elle se relève bientôt parce que avec la cessation de l'allongement dans les mérithalles, et à la vérité par suite de l'âge, a lieu aussi, de bas en haut, la formation du cercle ligneux avec les diverses espèces de cellules lignifiées qui lui sont propres. Dans le système vasculaire des feuilles, dont la formation définitive s'achève, en général, avec la croissance de ces organes, on ne trouve donc que des vaisseaux annulaires ou spiraux ; les cellules ligneuses qui se présentent avec eux dans le système vasculaire, ne s'épaississent que quand la croissance de la feuille est terminée.

Fig. 84.



Les branches dont les mérithalles ne s'allongent pas, restent courtes. Les fascicules de feuilles du Mélèze et du Cèdre, les aiguilles doubles et invaginées de notre Pin sont des rameaux écourtés parce que leurs mérithalles ne se sont pas développés.

Les fascicules de feuilles du Mélèze (Fig. 85) naissent de bourgeons qui se sont formés l'année précédente dans l'aisselle des aiguilles isolées de la pousse annuelle ; ils continuent de pousser pendant plusieurs années et produisent, l'un après l'autre, des fascicules de feuilles c'est-à-dire des branches à mérithalles écourtés : ils peuvent aussi former des branches grêles avec mérithalles allongés. La même chose a lieu de la même manière chez le Cèdre du Liban et parmi les arbres à larges feuilles, chez l'Epine-vinette et chez le Groseiller à gadelles.

Fig. 84. Coupe transversale d'un faisceau vasculaire extrait du centre de la tige d'un *Limodorum abortivum : a.* tissu interne de la tige ; *b, c, d, e.* cellules du faisceau vasculaire dans l'ordre de leur âge ; *f.* cellule de cambium (gross. 300 fois).

Chez le Pin, le bourgeon, qui développe les aiguilles doubles engaînées, naît en automne à l'aisselle d'une feuille isolée et squammeuse.

Quand la jeune pousse sur laquelle se trouve ce bourgeon, s'allonge vivement, au printemps, l'écaille susdite est déjà morte et le bourgeon placé dans son aisselle développe ses deux aiguilles doubles ébauchées depuis l'automne précédent; elles sont entourées d'écailles membraneuses et engaînantes qui remplacent les bractées proprement dites du bourgeon aciculaire, tandis que la feuille squammeuse dans l'aisselle de laquelle celui-ci se trouve, servait de bractée au bourgeon général d'où se développe la nouvelle pousse. Chez notre Pin, le cône végétatif d'un bourgeon à feuille aciculaire double n'est que très-faiblement développé. Aussi meurt-il, en général, lors de la formation complète des aiguilles et ne continue-t-il pas à pousser, comme celui du Mélèze, pendant les années suivantes; c'est un phénomène rare et anormal que de le voir se transformer en une branche grêle, et qu'il est plus fréquent de constater chez le Pin des Canaries. Chez le Mélèze, au contraire, le cône végétatif de la branche écourtée se ferme chaque année à la manière normale pour former, l'année suivante, un nouveau fascicule de feuilles, une branche grêle ou simplement une inflorescence. Il n'est pas rare non plus que le Mélèze montre des passages d'une espèce de branche à une autre, en ce que le cône végétatif d'une branche, qui se développe au printemps avec des feuilles verticillées, au lieu de se fermer, peut s'accroître en été en une branche grêle par la formation de nouveaux mérithalles qui s'allongent (Fig. 84 *d*). On se convainct ici que les aiguilles des fascicules foliacés répondent aux aiguilles isolées de la jeune branche complétement venue et qu'elles lui sont entièrement semblables quant à la structure anatomique. Il n'apparaît de bourgeon, chez le Mélèze, qu'à l'aisselle des aiguilles isolées de la jeune branche; les aiguilles fasciculées n'ont pas entre elles de

Fig. 85.



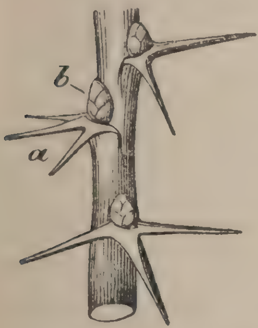
Fig. 85. Rameau de Mélèze (*Larix europœa*): *a.* bourgeon qui ne s'est pas développé; *b.* rameau à mérithalle écourté; *c.* rameau normal qui, au lieu de se fermer comme en *b.* par la formation d'écailles, s'est, au contraire, allongé plus tard au moyen de mérithalles étendus (*d*).

place pour en former. Outre notre Pin, le Pin pignon (*Pinus pinea*), le Pin des Alpes (*Pinus pumilio*), etc., développent deux aiguilles sur leurs rameaux écourtés, le Pin des Canaries (*Pinus Canariensis*) produit trois aiguilles souvent longues de plus d'un pied, et le *Pinus strobus* porte des branches écourtées avec quatre, le *Pinus cembro* avec cinq aiguilles, qui, comme chez le Pin commun et chez tous les véritables Pins, sont entourées d'une gaîne d'écailles membraneuses. Le bois des arbres de ce genre se distingue en outre de toutes les autres Conifères par l'organisation de ses branches écourtées, qui manquent aux Abies et aux Picea, et par la structure de ses rayons médullaires (chap. VII).

Dans la nature tout se trouve en corrélation ; seulement nous ne pouvons reconnaître dans la plupart des cas, et ici en particulier, que des concordances ou des déviations dans la structure de certaines plantes ; mais nous ne parvenons que très-rarement à saisir le rapport qui relie la constitution anatomique avec les apparences extérieures.

Outre l'Epine-vinette et le Groseiller à maquereaux, que nous avons cités tantôt, et chez lesquels certains rameaux restent courts et sous la forme d'un fascicule foliaire situé dans l'aisselle d'une feuille qui s'est transformée en épine (Fig. 86), le Hêtre et quelques autres arbres à feuilles membraneuses sont également caractérisés par cet avortement partiel de certains rameaux. On peut admettre, en général, que le bourgeon terminal d'une branche cylindrique développe, quand il continue à pousser, un rameau normal et allongé ; les bourgeons axillaires d'une pousse annuelle n'arrivent pas tous à un égal développement ; quelques-uns avortent, d'autres, de préférence ceux qui sont situés sur les premiers mérithalles, grandissent peu, tandis que ceux qui sont placés plus haut portent, suivant une progression assez régulière, plus de feuilles et allongent davantage leurs mérithalles : le Charme (*Carpinus betulus*) fournit un excellent exemple de ce mode de croissance.

Fig. 86.



Les pousses courtes (rameaux à mérithalles écourtés), provenant des bourgeons axillaires de longue pousse (rameaux à mérithalles allongés), continuent, chez le Hêtre (*Fagus sylvatica*), à pousser comme telles pendant des années.

Fig. 86. *a*. Epines triples du Groseiller à maquereaux (*Ribes grossularia*) qui correspondent à des feuilles avec leurs stipules ; *b*. bourgeons axillaires.

Les jeunes pousses, dont les mérithalles s'allongent, deviennent ce qu'on a coutume d'appeler un rameau (*Zweige*). Quand le bourgeon terminal de ce rameau pousse à nouveau chaque année et qu'il naît de nouveaux bourgeons dans l'aisselle des feuilles ou à des endroits indéterminés, qui deviennent à leur tour des rameaux secondaires, le rameau passe insensiblement à l'état de branche (*Ast*). Celle-ci s'épaissit par sa zone génératrice, s'allonge par son bourgeon terminal et se ramifie au moyen de nouveaux bourgeons latéraux. L'insertion des bourgeons à certains endroits de la tige ou de la branche et le mode de leur développement ultérieur sont différents pour chaque espèce d'arbres.

L'allure d'un arbre et de toute plante élevée résulte directement de la manière d'être de ses branches et de ses rameaux sur la tige, ce dont nos Conifères les plus importantes peuvent servir d'exemple (1).

Le Sapin (*Abies pectinata*) forme ses bourgeons immédiatement au bout de la pousse annuelle ; ses rameaux naissent donc presque tous ensemble en dessous des appendices écailleux. La maîtresse-pousse émet de deux à cinq bourgeons, rarement plus, et les rameaux qui en sortent sont d'abord quelque peu dirigés vers le haut, mais plus tard ils s'accroissent presque horizontalement en s'éloignant de la tige. Chaque rameau forme sous son bourgeon terminal deux bourgeons latéraux et horizontaux qui se trouvent opposés et qui, au printemps, lorsque la pousse du bourgeon terminal allonge la branche, forment deux nouveaux ramuscules latéraux. Ceux-ci se trouvent par paires et opposés chez le Sapin ; ils naissent toujours sous une formation squammeuse ; tous sont horizontaux ; il n'y a que les fleurs de Sapin qui naissent de bourgeons indépendants de toute formation squammeuse et au milieu de la pousse annuelle. L'inflorescence femelle, le cône, se montre isolément à la face supérieure d'une branche. Les fleurs mâles se développent, au contraire, de bourgeons qui naissent en groupes à la face inférieure de la branche annuelle ; elles pendent plus tard en bas, tandis que le cône croît vers le haut. Il est rare que des rameaux se développent au milieu d'une pousse et dans ce cas, ils se présentent solitaires.

On peut donc, quand même la formation squammeuse a disparu depuis longtemps, dire l'âge d'une branche d'après le nombre de

---

(1) Wigand a, dans son livre *der Baum*, publié en 1852, décrit complétement le système de ramification des arbres considéré surtout dans ses relations morphologiques.

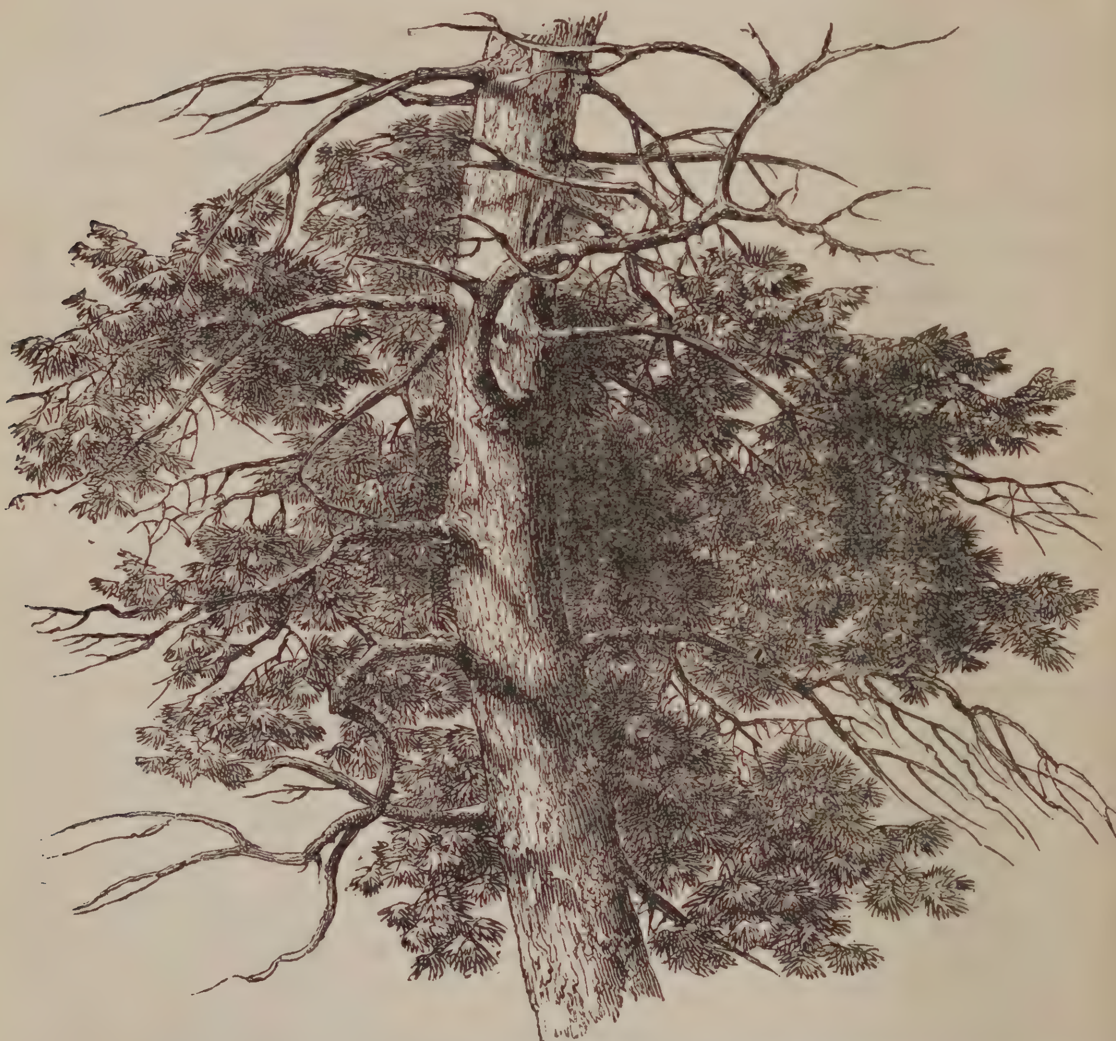
paires des rameaux horizontaux. — La formation des branches du Sapin correspond exactement à la ramification du Gui (*Viscum*) et ne se distingue de celle-ci que parce que, chez le premier, le bourgeon terminal du rameau continue à s'allonger, tandis que, chez le dernier, il devient une fleur et cesse par conséquent de croître. Chez le Gui on compte aussi l'âge d'une branche d'après les paires de rameaux latéraux (Fig. 63). Chez les Thuias qui ont des feuilles distiques, les branches issues des bourgeons axillaires sont aussi distiques et forment de leur côté des rameaux plus petits et disposés de la même manière, ce qui produit l'allure aplanie si caractéristique dans ces arbres.

Comme le Sapin, le Pin (*Pinus sylvestris*) ne forme des bourgeons qu'à l'extrémité de la pousse, bourgeons qui, l'année suivante, se développent en rameaux ; ceux-ci naissent donc toujours sous une formation squammeuse. Le nombre des bourgeons latéraux engendrés autour du bourgeon terminal est en général de quatre à six ; ils se trouvent autour de la tige ou de la branche. La maîtresse-pousse et les pousses latérales ne se distinguent pas chez le Pin comme chez le Sapin, par le nombre et l'insertion des bourgeons, vu que la branche d'un Pin forme souvent tout autant de bourgeons latéraux que la maîtresse-pousse ; les branches se trouvent verticillées autour de la tige et les rameaux rayonnent autour de la branche. Le moussoir employé par nos ménagères dans la cuisine est une branche équarrie du Pin, les bras du moussoir en sont les rameaux latéraux développés sous la formation verticillée (1). La maîtresse-pousse du Sapin paraît seule donner de pareils moussoirs. Quand le Pin continue à croître d'une manière normale, ce système de formation de branches se continue avec la même régularité, ce qui cependant est rarement le cas (Fig. 87). Pour étudier la formation normale des branches du Pin, on doit considérer de jeunes arbres de dix à vingt ans qui n'ont pas été tourmentés et dont la régularité dans la formation des branches et des rameaux surprendra l'observateur. Plus tard, le Pin perd ses branches et ses rameaux inférieurs, la tige devient ébranchée et la couronne se développe avec plus d'exubérance. Quand la maîtresse-pousse est étouffée, il s'élève en général plusieurs branches pour la remplacer. Quoique l'allure du Pin se change de

(1) Chez le Pin, dont les branches sont verticillées, on désigne encore sous le nom de formation verticillée (*quirlansatz*) la formation écailleuse (*Schuppenansatz*).

bien des manières par l'avortement de bourgeons ébauchés et d'autres circonstances, il est l'arbre forestier dont la tige principale conserve le mieux son caractère propre en vertu de son mode de croissance que nous venons de dévoiler ; il n'imite jamais la ramification du Sapin ; en croissance libre, il est un tout autre arbre que dans une situation enfermée (Fig. 87). Notre Pin ne forme des bourgeons adventifs que sous des influences morbides, par exemple dans le cas des balais-de-sorcières (*vide infra*), ou lorsque, dans sa jeunesse, il a été brouté par des moutons et que par conséquent la tête lui a été enlevée. Quand les vers attaquent la moëlle du Pin, le cône de végétation

Fig. 87.



pousse quelquefois, entre les aiguilles doubles, de jeunes rameaux allongés, phénomène qui a toujours lieu chez le Pin des Canaries lorsqu'il a perdu beaucoup de branches et de rameaux.

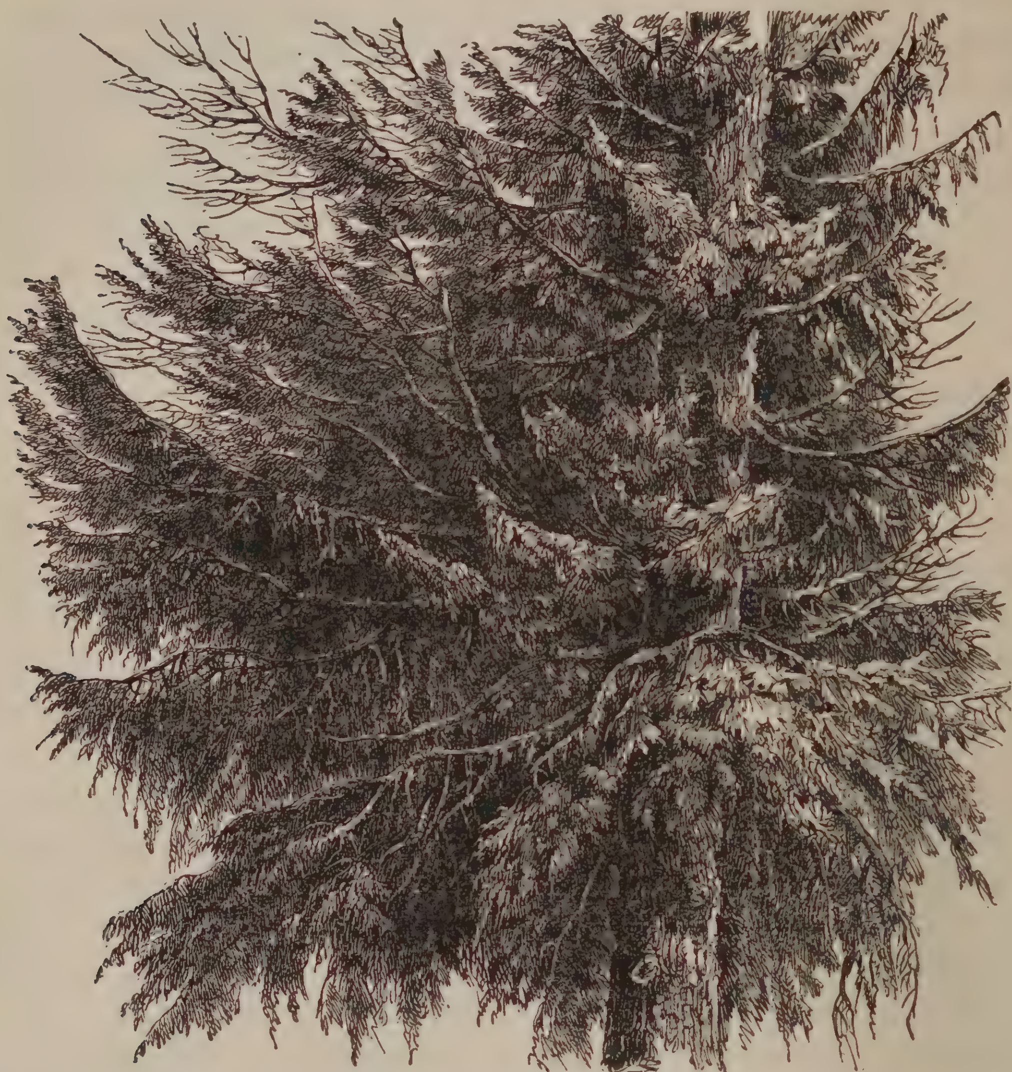
Fig. 87 Cime du Pin (*Pinus sylvestris*).

Quand la plantule forme des rameaux dès la première année, ce qui arrive de temps à autre si les circonstances sont propices et la situation favorable, ils se présentent dans l'aisselle d'une feuille isolée et le jeune rameau porte à son tour des aiguilles solitaires. Dans la seconde année, au contraire, des rameaux écourtés avec aiguilles doubles se développent toujours à l'aisselle des aiguilles isolées de la première année ; avec la troisième année les rameaux allongés prennent naissance sous la formation squammeuse tandis que les bourgeons de l'aisselle du reste des écailles se transforment en rameaux écourtés. De jeunes Pins qui ont souffert du feu se comportent quelquefois, d'après Ratzeburg, comme la plantule en ce qu'ils développent des rameaux avec des feuilles primordiales de l'aisselle desquelles sortent des aiguilles doubles. Les fleurs mâles de notre Pin sont déjà en automne ébauchées à l'intérieur du bourgeon ; la jeune pousse forme des bourgeons axillaires, qui deviennent des fleurs mâles au lieu de rameaux écourtés (Pl. II. Fig. 14). Au contraire, l'inflorescence femelle, le cône, ne naît qu'au printemps au bout de la jeune pousse couverte d'aiguilles doubles ; sa position répond au véritable bourgeon à rameau destiné à l'année suivante ; d'après la force de la branche il s'ébauche un ou plusieurs cônes qui, comme le véritable bourgeon à rameau, n'atteignent leur complet développement que l'année suivante. (Je possède une branche de *Pinus sylvestris* qui porte sous une formation écailleuse plus de 70 jeunes cônes.) La formation des branches et des fruits de tous les vrais Pinus, c'est-à-dire de toutes les Conifères qui développent hors d'une graine deux ou plusieurs aiguilles, paraît correspondre assez exactement à celle du Pin sylvestre (Pl. II. Fig. 1 et 2).

L'Epicea (*Picea vulgaris* Link) se ramifie comme le Sapin ; sa pousse principale est entourée d'un verticille de branches et ses rameaux produisent généralement, sous chaque formation squammeuse et de chaque côté, un nouveau rameau, mais il ne se borne pas, comme le Pin et le Sapin, à cette formation raméenne comprise sous la formation squammeuse. Dans l'aisselle de chaque feuille peut, chez lui, naître un bourgeon qui, l'année suivante, développe un rameau ; il est en conséquence beaucoup plus branchu et plus ramifié que le Pin et le Sapin, c'est ce qui fait qu'il lui manque quelque peu de la grande régularité raméenne qui caractérise ces deux essences. L'Epicea, pourvu de plus de branches, se feuille davantage : seulement ses jeunes rameaux sont aussi beaucoup plus grêles et même ses grosses branches atteignent rarement la force de celles de Sapin. Le poids des

nombreux rameaux les courbe successivement vers la terre, tandis que les rameaux faibles y sont perpendiculairement suspendus. Il n'y a que les branches du sommet, les jeunes tiges très-fortes et moins ramifiées qui, chez cet arbre, sont dirigées vers le haut. Le cône se

Fig. 88.



développe du bourgeon terminal du rameau annuel; il est, comme les rameaux, pendant vers le bas; c'est aussi du bourgeon terminal de semblables rameaux que naît la fleur mâle (Pl. I. Fig. 27 et 33). La maîtresse-pousse de cet arbre n'arrête sa croissance en hauteur que dans un âge très-avancé; il conserve donc une cime pointue et cunéiforme. L'allongement du Sapin s'arrête au contraire beaucoup plus tôt, ce qui fait que sa cime se termine en forme de sphère. Ces

Fig. 88. Cime et branchage de l'Epicea (*Picea vulgaris*).

arbres se distinguent tous deux par le port de leurs branches, mais ils varient quelque peu d'après leur situation (Fig. 88 et Fig. 71).

Chez le Mélèze (*Larix europœa*), la régularité de la ramification disparaît par suite de ce que, outre le bourgeon terminal, chaque bourgeon axillaire peut encore, suivant les circonstances, produire un rameau grêle ; le plus grand nombre des bourgeons

Fig. 89.



axillaires forment des bouquets de feuilles, c'est-à-dire des rameaux avec mérithalles écourtés. Souvent du même bourgeon sort, au printemps, sans suivre aucune loi déterminée, un fascicule de feuilles qui s'allonge successivement en branche grêle (Fig. 85). Les branches principales du Mélèze se maintiennent horizontalement

Fig. 89. Tige moyenne et cime de Mélèze (*Larix europœa*).

les rameaux plus faibles pendent vers le bas. Le Mélèze forme beaucoup de rameaux et par conséquent aussi beaucoup de feuilles : il a vraisemblablement un grand besoin de nourriture atmosphérique. Dans des circonstances favorables, il fait des cercles ligneux très-forts et donne

Fig. 90.



Fig. 91.



un bois d'un grand usage ; ses aiguilles, qui tombent chaque année, fument le sol.

C'est donc un arbre forestier très-utile ; cependant on ne devrait le planter que là où il peut prospérer et développer toutes ses bonnes qualités (Fig. 89).

Les arbres forestiers autres que les Conifères forment, en général, dans l'aisselle de chaque feuille, un bourgeon caulinaire d'où se développe un rameau : cela n'arrive ordinairement qu'au printemps suivant. La disposition des feuilles exerce donc une influence essentielle sur la ramification des arbres à larges feuilles. Le Marronnier et le

Fig. 90. Cime de Sureau.
Fig. 91. Cime de Charme.

Lilas ont leurs feuilles opposées et leurs branches le sont également (Fig. 90) : le Hêtre et le Charme avec feuilles alternes ont au contraire des rameaux alternants et disposés en spirales (Fig. 91).

Suivant la force de végétation de l'arbre, on voit se développer en branches tous les bourgeons qui existent à l'aisselle des feuilles ou seulement quelques-uns d'entre eux. La régularité de ramification qui existe à un si haut degré chez notre Pin, d'une manière restreinte chez le Sapin, qu'on reconnaît à peine chez l'Epicea et qui a totalement disparu chez le Mélèze, cette régularité s'observe encore, plus ou moins distinctement, chez les arbres à feuilles membraneuses. La disposition des branches et leur direction sont d'ailleurs des caractères constants pour chaque essence forestière. Le Hêtre, libre dans ses allures, étend ses branches à peu près horizontalement et ses rameaux prennent la même direction ; les rameaux les plus allongés portent à leur tour des ramuscules latéraux à mérithalles écourtés. Le Hêtre emprisonné dirige, au contraire, ses branches principales vers le haut et ses rameaux ne commencent à s'étendre que lorsqu'ils saluent la lumière. Le Bouleau produit beaucoup de branches qui s'élèvent en formant un angle aigu, tandis que les jeunes rameaux, très-grêles, y sont suspendus en forme d'arc (Fig. 73). En même temps la maîtresse-tige du Bouleau croît avec puissance vers le haut. Plus les rameaux se développent, plus ils sont faibles et plus pendante devient la couronne de l'arbre, comme par exemple chez le Bouleau-pleureur. Le Chêne est caractérisé par une ramification très-forte, mais fort irrégulière, ce qui résulte de la mort des bourgeons terminaux et de celle de certaines branches (Fig. 72). — Chez l'Aune, les branches principales forment un angle aigu avec le tronc, tandis que les rameaux de ces branches s'étendent horizontalement (Fig. 92). J'ai déjà parlé du genre Peuplier au commenceme nt de ce chapitre.

Certainement, si l'on étudiait la ramification et le port des branches, chaque arbre se distinguerait déjà par quelque caractère ; ainsi le Taxodium forme certains rameaux qui tombent chaque année près de leur base, tandis que d'autres ne meurent pas. Les arbres qui développent de nombreux rameaux, s'emploient avec avantage pour faire des haies (Aubépine, Charme, Epicea).

Des productions anormales de rameaux, connues sous différents noms, tels que balais-de-sorcière (*Hexenbesen*), Buisson de tonnerre (*Wetterbusch*), se montrent assez souvent sur le Sapin, le Pin, le Bou-

leau, le Charme et l'Acacia. La cause première de ces productions est inconnue ; elle est attribuée par les uns à des Champignons, par d'autres, et avec plus de probabilité, à la piqure d'un insecte.

Chez le Saule, ces productions portent le nom de Roses de Saule (*Weidenrosen*) et paraissent être également produites par un insecte.

Fig. 92.



Quand on observe sur place le balai-de-sorcière du Sapin, on voit qu'il consiste en une multitude de rameaux produits sur un espace restreint d'une branche ; ces rameaux en produisent d'autres, de sorte que, au bout de quelques années, il en est résulté un fouillis épais et irrégulier, qui, lorsqu'il est recouvert de feuilles, ressemble de loin à un grand buisson de Gui ; il est, en général, isolé sur le Sapin, mais j'ai vu, au contraire, beaucoup de balais-de-sorcière sur un même Bouleau, au boulevard de Hambourg, près du Jardin botanique. La branche présente toujours, sous chacune de ces excroissances, un fort renflement formé d'un bois très-compacte et dont les couches superposées permettent d'en apprécier l'âge : leur formation s'explique par une production extraordinaire de bois et d'écorce et par l'augmentation du nombre des rameaux et des feuilles. Il m'est arrivé assez souvent de rencontrer des balais de sorcière sur des Sapins étouffés ou croissant dans des endroits marécageux.

L'arbre paraissait, en général, maladif et des Usnées, qu'il est rare de voir envahir la tige lisse du Sapin, couvraient son écorce.

Fig. 92. Cime de l'Aune (*Alnus glutinosa*).

Les oiseaux bâtissent volontiers leurs nids sur les balais-de-sorcière morts ; mais la superstition s'en épouvante ; il n'est pas un bûcheron, une bûcheronne qui oserait en rapporter au logis, crainte d'être frappé par la foudre, d'où leur vient le nom de buisson à tonnerre.

Fig. 93.



Le Peuplier, le Marronnier d'Inde et quelques autres arbres forment assez souvent, à l'endroit où leurs branches ont été enlevées, des loupes ou broussins (*Rindenwulste*), couvertes d'écorce rude et d'où sortent de nombreux bourgeons adventifs (Fig. 93). Ici encore il se manifeste une exubérance extraordinaire de rameaux que n'a certes pas occasionné un Champignon, et qui provoque ordinairement la formation du broussin.

Fig. 93. Tronc et loupes du Peuplier (*Populus pyramidalis*).

Les nodules (*Säumaugen*) que l'on rencontre dans l'écorce de quelques arbres, comme le Peuplier, le Tilleul, le Hêtre, le Châtaignier, etc., sont des rameaux qui n'ont pas eu de croissance longitudinale, mais seulement en circonférence, ce qui les a rendus sphériques ; on peut les comparer aux bourgeons dormants de quelques plantes, qui continuent à vivre pendant longtemps sans se développer et qui chaque année croissent horizontalement avec le cercle ligneux, mais sans s'épaissir comme les nodules ; ces formations prouvent que l'épaississement d'une portion de tige peut s'opérer sans feuilles ; leur bois est madré et compacte comme celui des troncs dépourvus de feuilles. On peut les enlever de l'écorce sous forme de sphères de la grosseur d'un pois ou d'une noix. — Les épines des Cratægus et Prunus sont des rameaux dont le cône végétatif s'est lignifié ; elles portent assez souvent des feuilles atrofiées.

Quand des troncs ou des branches frottent l'un contre l'autre, il arrive assez fréquemment qu'ils se soudent ensemble. Dans un carré de plantes, près Rudolstadt, j'ai vu deux très-jeunes Hêtres dont les axes s'étaient soudés au-dessus de terre jusqu'aux cotylédons, tandis que sous terre les racines étaient restées libres ; chaque arbre possédait au-dessus des cotylédons son petit tronc distinct. La réunion des deux arbres était produite par les cellules actives de l'écorce primaire (ch. VII) ; plus tard chaque arbre avait produit du liége, ce qui avait arrêté incontinent l'union de leur sève. — Partout, comme ici, la soudure de deux troncs, de deux branches ou de deux racines ne peut avoir lieu que par un contact direct et prolongé du tissu propre au développement. Lorsque aucune formation subéreuse n'interrompt plus tard, comme il est arrivé dans le cas que nous venons de rapporter, le mélange de la sève dans les parties soudées, celles-ci continuent à rester unies et à croître ensemble ; chaque partie développe pour elle-même du bois et de l'écorce, d'où résulte que les cellules sont restreintes dans leur développement par une pression latérale. Si l'on divise à la scie un pareil tronc, on reconnaît qu'une véritable liaison ne s'est opérée et ne pouvait en effet avoir lieu que dans l'écorce active ou dans la zone génératrice. Des arbres qui forment une forte écorce rugueuse ne se soudent donc pas facilement ensemble. Je n'ai jamais vu de Pins, d'Epiceas, ni de Mélèzes véritablement soudés ; des troncs de Chêne greffés ensemble me sont également inconnus ; au contraire, on n'a pas à chercher longtemps, dans des districts forestiers d'une certaine étendue, des troncs de Hêtre ou de Sapin soudés.

Les rameaux du Tilleul se soudent très-souvent où ils ont été entremêlés pendant la formation des feuilles et le Charme des haies en donne encore de meilleurs exemples ; le *Ficus stipulata,* souvent employé à Madère à recouvrir les murailles, forme, au bout de 10 à 20 ans, un véritable réseau où ses tiges, ses branches et ses rameaux sont entremêlés, soudés et paraissent même fondus ensemble, phénomène qui dépasse de beaucoup les cohérences que le Lierre peut contracter par la confusion des soudures. Des arbres d'espèces différentes peuvent même se souder ensemble ; ainsi il y a dans la vallée de Schwarzburg un vieux Sapin réuni au tronc d'un jeune Tilleul.

Toutes ces plantes étant pourvues d'une écorce qui conserve longtemps une active vitalité, peuvent entretenir de pareilles soudures ; chez d'autres arbres, au contraire, la formation de liége vient arrêter bientôt la soudure quand celle-ci a eu lieu au moyen de l'écorce. Une soudure produite par la zone génératrice peut au contraire amener une confusion véritable du cercle ligneux des deux arbres.

La soudure des racines du Sapin, surtout dans les forêts touffues, est un phénomène très-ordinaire. Göppert (1) a observé que les souches de Sapins abattus s'épaississent encore pendant un très-grand nombre d'années (jusque 100 ans) et que la blessure de la souche se cicatrise par un épanchement qui va jusqu'à la refermer insensiblement en lui donnant une forme sphérique : il pense que cette circonstance ne se produit que lorsqu'une racine de la souche s'est soudée intimement avec la racine d'un Sapin vigoureux ; dans ce cas, ce dernier nourrit la souche, qui, par elle-même, serait incapable d'absorber de la nourriture atmosphérique. Göppert désigne en conséquence la souche sous le nom de tronc consommateur et le Sapin qui pourvoit à ses besoins sous celui de tronc nourricier. Il paraît donc que pour le développement du cercle ligneux et de l'écorce par la zone génératrice, les feuilles ne sont pas absolument nécessaires et que la cicatrisation, du moins dans la première année après la coupe, peut commencer au moyen de la substance tenue en réserve et restée dans la souche elle-même ; cela est en effet prouvé par le bois-de-quartier du Saule-marceau qui, mis en corde, commence quelquefois à se recouvrir d'écorce aux deux bouts, l'année suivante, principalement à l'extrémité inférieure. Je crois donc que la racine est par elle même capable de nourrir seule la souche, d'une ma-

(1) Göppert, das Ueberwallen der Tannenstocke. Bonn, 1842.

nière restreinte, pendant une année encore. Le bois des souches cicatrisées a un cours beaucoup plus entortillé et plus madré que le bois ordinaire ; il ressemble en cela au bois des vieux arbres lorsqu'ils sont presque sans branches ni feuilles. Dans un bois d'Epiceas du district forestier de Sachsenried, en Bavière, j'ai vu des troncs parasites d'Epicea dont la croissance était la plus luxuriante (1).

Si l'on enlève au tronc d'un arbre une forte branche ou que l'on entame son écorce jusqu'au bois, la blessure qui en résulte se recouvre, c'est-à-dire se ferme tout doucement d'elle-même, à l'aide de la zone génératrice. Où celle-ci manque, il ne peut au contraire se former ni bois ni écorce, et la blessure se borne à se cicatriser sur les bords, ce qui, suivant sa grandeur, prend souvent un grand nombre d'années. J'ai examiné la coupe transversale d'un tronc de Pin qui comptait 288 cercles annuels ; dans la 86e année, ce tronc avait reçu une blessure de plusieurs pouces de largeur qui, au bout de 20 ans, s'était complétement fermée et recouverte. La marche des zones annuelles et superposées restait toutefois, jusqu'à la dernière année de la vie de l'arbre, distinctement modifiée en ce que, quand elles passaient sur la blessure cicatrisée, chaque cercle annuel s'infléchissait à cette place.

Le Hêtre, le Sapin et le Tilleul se cicatrisent on ne peut plus facilement, grâce à la grande activité de leur écorce. Les excroissances sphériques ou plus ou moins pointues et recouvertes d'écorce des vieux Hêtres vigoureux, sont des moignons de branches recouverts ; on reconnaît, d'après l'aspect du recouvrement, la manière dont la branche a été enlevée ; ainsi, par exemple, quand la blessure a été plane et produite par la scie, le tronçon se recouvre en forme de sphère ; quand, au contraire, elle est inégale et provient de la hâche, elle se recouvre d'une manière plus irrégulière et présente une forme plus pointue. La forme du tronçon de branche se reconnaît aussi au genre de recouvrement, ce dont les vieux Hêtres des environs du château de Shwarzburg donnent d'excellents exemples.

Il n'est pas rare de rencontrer des balles enchassées profondément dans le bois ; des lettres et des signes découpés dans le tronc jusque sur l'aubier se recouvrent aussi chez le Hêtre, quelquefois si complétement qu'on les retrouve, après de longues années, dans la partie ligneuse. A l'académie forestière de Neustadt - Eberswald, on conserve un tronc de Hêtre portant le signe caractéristique des

(1) Pfeil admet également la superposition pour l'Epicea.

jésuites. Une curiosité analogue existe à l'Université de Leipzig.

La greffe et l'oculation, au moyen desquelles le jardinier améliore les espèces fruitières, consistent également en une soudure produite par l'écorce conductrice de la sève ou cambium ; le scion noble se développe comme partie intégrante du sujet, mais à sa manière et avec ses propriétés particulières. On fait une distinction entre l'oculation, la copulation et la greffe. Dans l'oculation on introduit le bourgeon d'un arbre noble, avec son écorce et du jeune bois, sous l'écorce du sujet que l'on veut améliorer (Fig. 94). Dans la copulation (*greffe à l'anglaise*) un rameau chargé de bourgeons est relié intimement avec un rameau d'égale grosseur (Fig. 95). Enfin dans la greffe proprement dite, on introduit un rameau muni de bourgeons dans une forte tige coupée plane et qui a été fendue assez profondément, de manière à ce que la zone génératrice de la greffe se trouve en contact immédiat avec la zone génératrice du tronc, parce que la soudure n'est possible que dans ce cas. Pour oculer on relie l'entaille de l'écorce avec de la filasse, et dans la copulation on referme la blessure avec du chanvre et du mastic à luter. L'oculation se fait en été (fin juin) et l'on doit, entre autres soins, veiller à ce que le bourgeon qui se trouve dans l'aisselle du pétiole et qu'on introduit dans la tige étrangère avec l'écorce et le

Fig. 94.



Fig. 95.



Fig. 94. *A*. Un rameau qui doit être oculé : *a*. entaille horizontale de l'écorce qui est d'abord pratiquée avec une serpette bien effilée autour de la moitié environ du pourtour du rameau ; *b*. entaille verticale de l'écorce. On relève soigneusement l'écorce en *a*. et l'on introduit de haut en bas dans la blessure l'écusson *c*. du rameau noble *B*. qui porte un bourgeon *d*., en ayant soin que le pétiole *e*. dépasse un peu l'extrémité du lambeau d'écorce *b*. On assujettit ensuite ce dernier avec de la filasse.

Fig. 95. A gauche un rameau greffé ; à droite un rameau copulé. La copulation est pratiquée pour les rameaux les plus faibles, la greffe pour les plus forts. Dans la copulation, le rameau noble doit correspondre à l'épaisseur de l'autre : dans le greffage le rameau noble doit être beaucoup plus faible que le sujet sur lequel il est enté. On insinue symétriquement deux greffes à droite et à gauche dans la fente. La blessure est finalement recouverte de cire et de filasse.

jeune bois, soit parfaitement intact ; il vaut donc mieux prendre un peu de jeune bois avec l'écorce que de séparer soigneusement celui qui adhère à l'écorce, comme on le faisait autrefois ; il est également préférable de pratiquer au-dessus de l'incision verticale la section horizontale dans l'écorce de la tige pour l'introduction de l'écusson d'écorce portant le bourgeon noble ; l'expérience a consacré cette pratique. La copulation et la greffe se font au printemps, quand les bourgeons se gonflent, parce que alors la force de la zone génératrice est le plus propre au développement et que la soudure s'opère par conséquent le plus facilement.

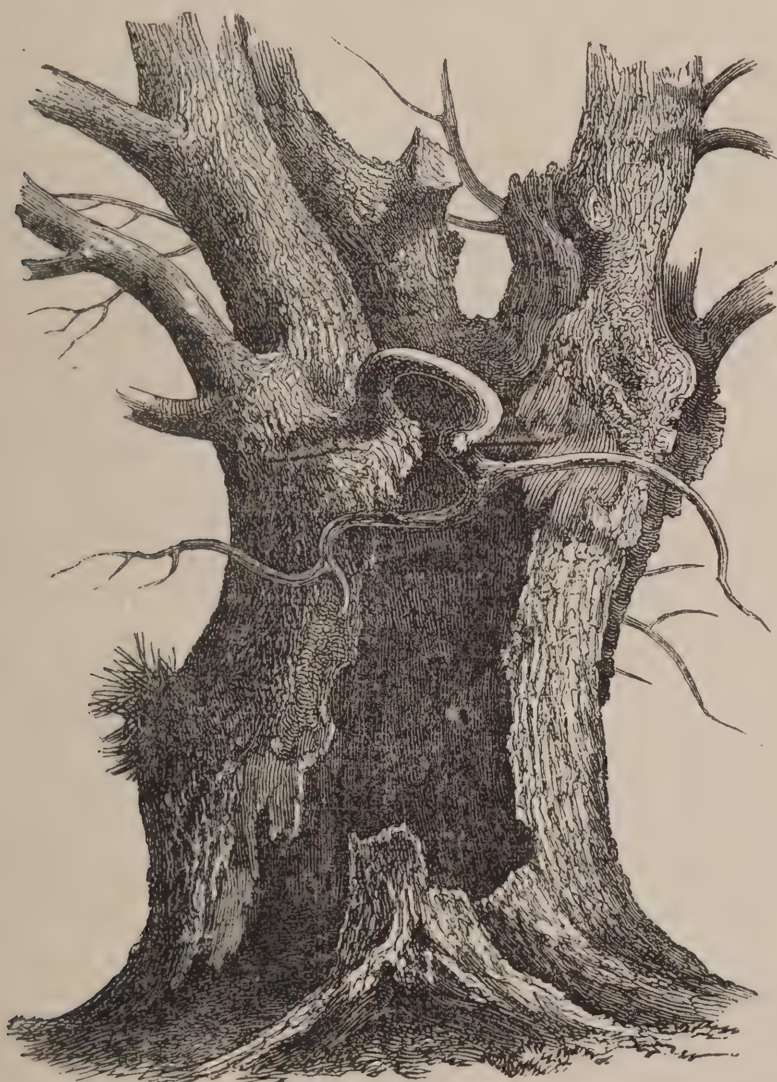
En général, la moëlle de l'arbre devient bientôt inactive ; atteinte d'une blessure, elle meurt et l'arbre se pourrit au cœur. Notre Saule en têtard, élevé par boutures étêtées, porte déjà en lui le premier principe de son évidement ; le Chêne se décompose très-facilement à la moëlle, à la suite d'une forte blessure ; le Tilleul n'est pas plus heureux ; mais lorsqu'on n'y prend pas garde ces arbres continuent à croître par leur zone génératrice et ils poussent quelquefois des rameaux et des racines à l'intérieur de leur propre tronc (Fig. 96). L'entrelacement des racines dans le bois décomposé des vieux Saules est provoqué par des bourgeons rhizogènes qui prennent leur origine dans la couronne de l'arbre ; ces racines se nourrissent des produits de la décomposition de leur tige-mère. L'orage ne briserait pas le Chêne s'il n'était si souvent pourri à la moëlle.

Le tronc des Conifères est beaucoup plus rarement décomposé à l'intérieur ; d'une part le bourgeon terminal, qui continue à croître et ne meurt pas, empêche le contact de l'air sur la moëlle, et d'autre part le tissu ligneux imprégné de résine résiste beaucoup mieux à la décomposition ; cependant l'Epicea pourrit à la suite d'une mauvaise disposition des trous à résine dans lesquels se rassemble l'eau de pluie. Le tronc des vieux Baobab, dont l'intérieur, d'après Tremaux (1), peut souvent contenir plus de deux cents personnes, devient quelquefois si creux qu'il ne garde que quelques pouces de son aubier et de son écorce avec lesquels il continue à croître sans affaiblissement. Les vieux Châtaigniers (*Castanea vesca*) de Ténériffe, dont les troncs creux ont plus de 30 pieds de circonférence, servent très-fréquemment d'écurie pour un atelage de bœufs, tandis que leur puissante couronne nourrit les bêtes par ses feuilles fraîches et fournit aussi à l'homme de la

(1) *Voyage au Soudan oriental.*

nourriture par sa riche récolte de fruits. Le creusement du tronc ne porte donc aucun préjudice à la vitalité de l'arbre. Le vieux Dragonnier d'Orotava était déjà au temps de la conquête (1402) tout aussi creux qu'à présent ; mais l'arbre risque dans de telles conditions de souffrir encore beaucoup plus facilement du vent et du temps, comme le démontre l'histoire de ce même Dragonnier qui, pendant l'orage du 21 juillet 1819, a perdu la moitié de sa couronne et qui s'écroulera peut-être bientôt tout entier.

Fig. 96.



On rencontre quelquefois des arbres dont les troncs sont tordus en spirale et disséminés çà et là entre d'autres qui ne sont pas contournés, tant parmi des arbres à feuilles membraneuses que chez des Conifères, sans que nous puissions saisir la cause première de ce phénomène.

Fig. 96. Tronc creux d'un vieux Tilleul.

Il provient d'un contournement des faisceaux vasculaires constituant le cercle ligneux dans la jeune tige et se continue pendant toute la vie de l'arbre. Ce bois se fend suivant une direction contournée et il est par là impropre à beaucoup d'usages. — La Betterave est souvent contournée de la même manière.

Tandis que les végétaux ligneux entretiennent un cercle de bois, au moyen de la zone génératrice et du système vasculaire qui continue à s'y former, la partie correspondante reste sans être lignifiée chez les plantes herbacées. La moëlle de ces plantes devient quelquefois creuse, soit par résorption, soit par le dessèchement ou le déchirement de ses cellules. C'est ce qui se passe chez le *Carica papaya,* arbre tropical, à tige herbacée, surmonté d'une couronne de feuilles palmées. Le *Poinsettia pulcherrima,* Euphorbiacée arborescente à tige ligneuse et dont les bractées couleur de feu entourent l'inflorescence, a aussi, comme le *Carica*, une tige fistuleuse ; nous en retrouvons d'autres exemples chez quelques-unes de nos plantes, comme la Ciguë aquatique et la plupart des tiges noueuses des Graminées.

De profondes entailles horizontales faites jusqu'au cercle ligneux tout autour de la tige d'un arbre dicotylédoné amènent à peu près sans exception, lorsqu'une bande d'écorce assez large a été détachée, la mort de tout ce qui se trouve au-dessus de la blessure circulaire. Les branches de quelques arbres à fruits supportent au contraire beaucoup mieux cette incision annulaire. La partie de la branche annelée placée au-dessus de la blessure s'épaissit plus fort, les bords de la blessure de ce côté se cicatrisent plus puissamment que ceux de la partie inférieure : la branche annelée porte des fruits plus savoureux, mais elle meurt aussi plus tôt que les branches qui n'ont pas supporté cette opération. Il semblerait d'après cela que par l'incision annulaire la substance nutritive contenue dans l'écorce reste dans la branche, tandis que conduite d'une manière normale elle est plus profitable au tronc. Le courant de sève de direction descendante, à l'intérieur de la partie libérienne du système vasculaire et en conséquence à l'intérieur de l'écorce, reçoit un véritable arrêt par les phénomènes qu'amène l'annellement des branches. D'après Hartig, quand il ne naît pas de nouvelles branches de bourgeons adventifs, la formation de la substance de réserve dans l'écorce et dans les rayons médullaires doit s'arrêter sous la blessure circulaire, et la zone génératrice elle-même ne peut former de nouveaux cercles annuels. J. Hanstein a aussi montré par de nombreuses recherches que chez les végétaux dicotylédonés

dont le système vasculaire est conformé d'une manière normale, des racines adventives ne sortent de l'écorce qu'au-dessus de la blessure circulaire, tandis que, chez les dicotylédones qui possèdent des faisceaux vasculaires dans l'intérieur de la moëlle (*Nerium oleander*, *Cucurbita pepo*), il en sort encore d'autres de la moëlle qui sont en liaison avec les faisceaux vasculaires centraux : les végétaux monocotylédonés, dont l'écorce ne possède pas de liber, ne poussent de racines adventives, lorsqu'on pratique sur eux l'incision annulaire, que de la partie intérieure, jamais de l'écorce. (Les branches coupées et annelées avaient été placées dans l'eau et élevées sur couches.) L'expérience prouve la présence d'un courant de sève descendant dans la partie libérienne du système vasculaire de l'écorce des végétaux dicotylédonés et son absence dans l'écorce des plantes monocotylédonées : chez ces dernières, ce courant s'opère à l'intérieur de la zone génératrice renfermée dans une partie déterminée des faisceaux vasculaires. De là vient que l'Oléander, qui possède de ces faisceaux vasculaires dans la moëlle et en outre un cercle de faisceaux vasculaires de constitution normale dicotylédone, réunit les deux systèmes de formation des racines adventives.

La partie vivante de l'écorce, la zone génératrice avec le cambium qui s'y trouve, et les rayons médullaires du jeune bois conduisent les sucs chez tous les arbres ; mais la composition de ces sucs est très-différente d'après le système de cellules sévifères. L'étui médullaire de quelques plantes, de la Vigne par exemple, conserve parfois son activité plus longtemps ; la moëlle, au contraire, perd bientôt sa succulence. Dans le cambium on trouve surtout des composés riches en azote ; au contraire les hydrocarbures y manquent toujours. Le cambium du système vasculaire et les systèmes de cellules jeunes qui viennent d'en sortir favorisent donc avant tout la diosmose des éléments azotés ; ils servent à la sève ascendante. Celle-ci redescend dans le liber après avoir subi de profondes modifications chimiques ; elle se répand suivant différentes directions dans les cellules isolées du parenchyme cortical, et se dirige vers la moëlle à travers les rayons médullaires. Dans la circoncision des branches le courant de sève, aussi bien ascendant que descendant, est complétement arrêté aux environs de la zone génératrice, parce que la séparation de l'écorce amène la dessication et la mort du cercle de cambium de la partie écorcée. La branche annelée doit donc périr en-dessous de la blessure circulaire lorsqu'il ne reste pas de chemin pour la sève dans son intérieur ;

les voies par lesquelles cette dernière peut se frayer un chemin pour son ascension ou pour sa descente ne se trouveront que dans le parenchyme ligneux et dans l'étui médullaire, qui contient en général tous les éléments du système vasculaire et même, chez quelques plantes (*Linum, Cucumis*), possède encore un cambium supplémentaire et fréquemment des cellules libériennes toutes développées, des vaisseaux laticifères (*Euphorbia canariensis, Gomphocarpus*) et peut ainsi entretenir une certaine circulation de sève. Le rameau ou la branche dont l'étui médullaire est encore en vie supporte l'incision annulaire mieux que le tronc chez lequel il est mort. Cependant cette opération porte toujours un préjudice notable à la diosmose de la sève ; la circulation de la matière amassée dans l'écorce par la force nutritive de la feuille est particulièrement interrompue d'une manière complète.

Il résulte de là que la formation du bois diminue notablement sous la partie incisée et s'augmente dans la même proportion au-dessus. La branche annelée peut donc nourrir plus de fruits, mais comme l'approvisionnement par les racines lui est parcimonieusement mesuré, elle meurt plus tôt ne fût-ce que parce que la proportion convenable de la nourriture du sol et de celle de l'air se trouve dérangée.

Les arbres de notre zone ne croissent pendant l'hiver ni en hauteur, ni en circonférence ; toutefois la vie des cellules ne s'éteint qu'en apparence ; aussitôt que la température descend jusqu'à un certain degré, elles ne sont plus capables de se multiplier. Le cercle ligneux de nos arbres forestiers ne reçoit pas en hiver de nouvel accroissement, la jeune pousse qui se trouve à l'intérieur du bourgeon fermé ne se développe pas non plus pendant cette période. Une certaine quantité de chaleur est nécessaire à chaque plante pour l'activité complète des cellules et c'est vraisemblablement la substance azotée qui, remise en action d'une manière plus rapide par la chaleur du printemps, amène et entretient le cours de la formation de cellules. Mais la substance contenue dans les cellules conductrices de sève subit-elle en hiver un changement, la paroi de pareilles cellules s'épaissit-elle dans cette saison, etc. ? Ce sont là des questions que je n'oserais pas trancher ; mais que pendant le repos apparent d'hiver les plantes ne sont pas engourdies non plus, c'est ce que démontre le tubercule de pomme-de-terre qui, pendant son emmagasinement, cicatrise facilement et complétement par une formation de liége les blessures qu'il a reçues.

On sait qu'au printemps, dès que la végétation commence, l'écorce

des arbres s'enlève avec la plus grande facilité; le Bouleau et la Vigne pleurent parce que les hydrocarbures amassés en automne dans les rayons médullaires et dans l'écorce sont alors rendus libres.

L'activité des racines s'éveille, paraît-il, la première, et le sol, imbibé d'eau, la favorise en ce que par la dissolution successive de la matière en réserve, qui commence dans la racine, il se produit une diffusion très-vive et par suite un courant de sève ascendante (1).

Mais l'arbre dont les bourgeons ne font que s'ouvrir ne peut pas encore dépenser immédiatement tout le liquide nourricier qui lui est fourni en surabondance; la quantité de sève s'augmente donc par la continuation de la diffusion et quand la partie normale sévifère du système vasculaire n'a plus de place pour le fluide existant il envahit alors les vaisseaux plus âgés déjà remplis d'air et les cellules ligneuses des cercles de bois. Si l'on blesse l'écorce à ce moment, la sève découle de la blessure. Les bourgeons ne tardent pas à s'ouvrir et la jeune pousse développe ses feuilles; l'arbre emploie alors beaucoup de substance nutritive et la trouve dans ses propres cellules séveuses. Le Bouleau et la Vigne ne pleurent plus alors et l'écorce des Conifères ne s'enlève plus aussi facilement qu'au commencement du printemps; la sève a aussi disparu des vieux vaisseaux. L'absorption commence alors à diminuer et à s'équilibrer avec l'évaporation des feuilles et de l'écorce verte.

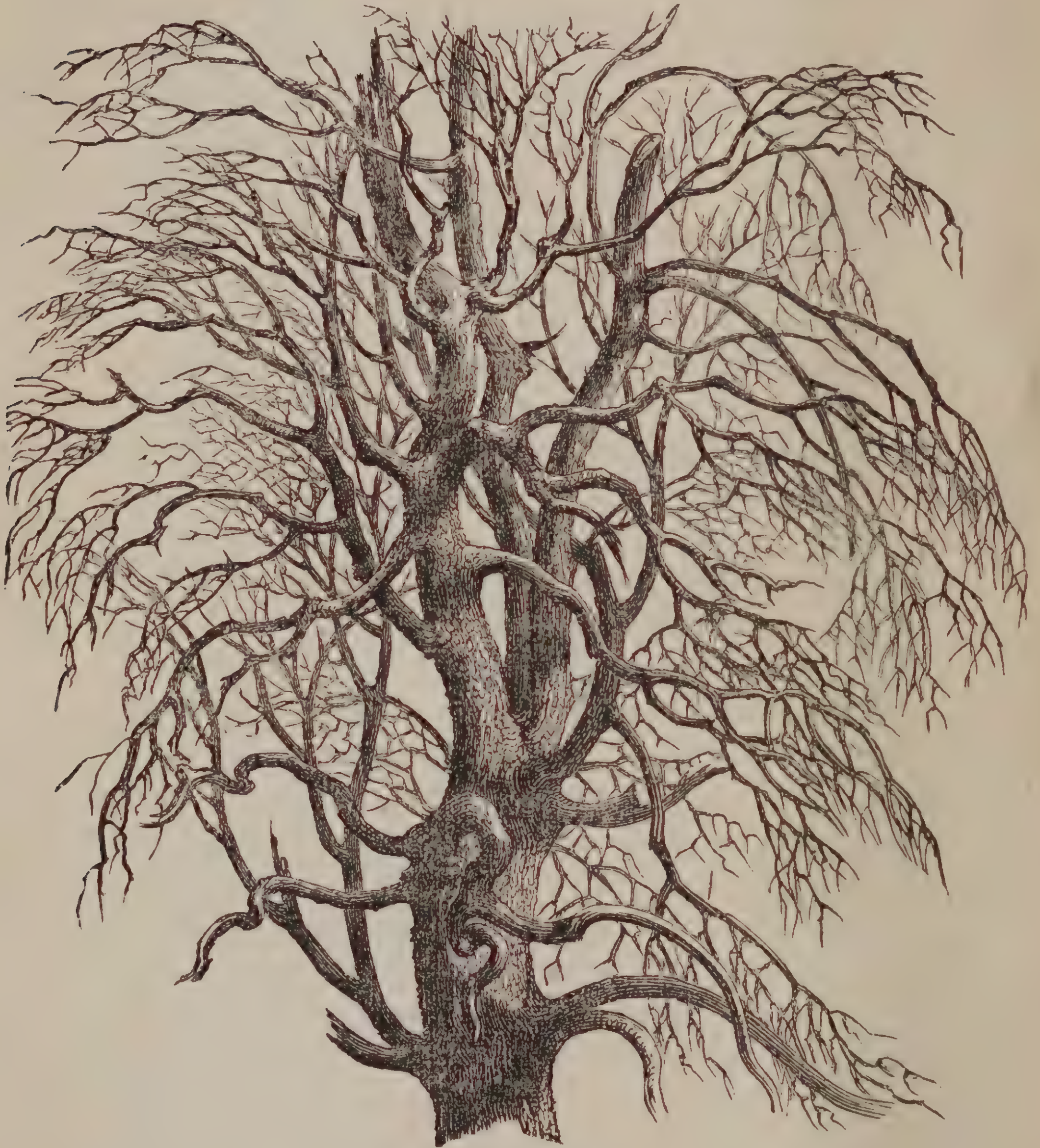
Lorsque, plus tard, les jeunes rameaux et leurs feuilles sont complétement poussés et que le bourgeon terminal commence à se fermer, alors se produit, à un moindre degré, pour la seconde fois, une réplétion de sève; l'écorce des Conifères s'enlève pour la seconde fois plus facilement, parce que la sève qui jusqu'alors nourrissait le jeune rameau, aussitôt qu'il est complétement développé, n'est plus consommée au même degré et se rassemble de nouveau en grande quantité entre le bois et l'écorce. Mais aussitôt que les écailles des bourgeons terminaux sont formées, le cône de végétation de ceux-ci s'élève pour développer l'ébauche de la nouvelle pousse destinée à l'année suivante: la sève qui existe en abondance leur fournit les matériaux nécessaires; l'écorce ne s'enlève donc de la même façon qu'au printemps, que pendant peu de temps, c'est-à-dire, paraît-il, aussi longtemps que dure le développement des écailles qui n'ont besoin que de peu de nourriture. Quand elles sont formées et que la

(1) Moleschott, *Physiologie des Stoffwechsels*. p. 70.

jeune pousse naît sous leur protection, alors commence le passage successif du bois de printemps au bois d'automne, dont les cellules s'épaississant davantage, absorbent aussi plus de nourriture.

Les phénomènes de la physiologie végétale seraient beaucoup plus clairs si l'on avait déjà scruté avec plus de soin la vie intime des

Fig. 97.



cellules; sans une connaissance précise de l'anatomie intime et de l'action réciproque des cellules les unes sur les autres, il est impossible de se rendre compte des phénomènes vitaux des règnes végétal et animal (Fig. 97).

Fig. 97. Tige médiane du Tilleul caractérisée par la direction arquée des branches et des rameaux inférieurs.



Hornbaum.

Charme.

V.

La feuille.

De même que certains mammifères varient a couleur et la nature de leur livrée et que beaucoup d'oiseaux modifient leur plumage avec les changements de saison, de même aussi les organes dont les plantes sont revêtues changent d'aspect dans le cours d'une année. Les arbres forestiers de notre zone sont dégarnis de feuilles pendant l'hiver, tandis que les cimes des Conifères, dont la verdure est éternelle, supportent un épais manteau de neige. Dès l'arrivée du printemps, les bourgeons s'enflent, les feuilles s'étalent à la lumière et un reflet jaune dore le branchage des arbres. Les extrémités du Sapin et de l'Epicea jaunissent, le Pin développe de longs scions jaunes qui supportent ses doubles aiguilles verdoyantes, tandis que le Mélèze, qui avait hiverné sans feuille, pousse de nouveaux fascicules. Les jeunes feuilles grandissent rapidement et bientôt la forêt et les prairies brillent du vert plantureux du printemps. Mais cette pureté de coloris est éphémère, elle s'évanouit dès que les feuilles ont acquis tout leur développement ; la forêt, dont la verdure est dès lors plus foncée et le feuillage plus touffu, conserve en été de l'ombre et de la fraîcheur. A l'approche de l'automne, la coloration des feuilles change de nouveau : l'Erable, le Hêtre, le Bouleau et le Chêne se revêtent de teintes dorées qui passent plus tard au rouge et au brun.

Eclairés par le soleil d'automne, les arbres à larges feuilles brillent alors d'un éclat de feu jusqu'à ce que, bientôt après, l'hiver enlève les feuilles desséchées ; les branches restent nues comme des squelettes pendant les rigueurs de la mauvaise saison : les Conifères seules conservent avec leur feuillage leur sombre verdure. Le contraste des

cimes bigarrées des arbres croissant par groupes imprime au paysage un caractère particulier qui impressionne l'imagination ; la différence est profonde, dans notre zone, entre l'hiver et l'été ; elle s'efface à mesure que l'on s'avance vers des contrées plus méridionales où les arbres ne sont jamais dégarnis de leur parure de feuillage.

La feuille est un *organe de la tige*, qui prend naissance sous le cône végétatif d'un bourgeon ; ne possédant pas de cône végétatif propre, elle ne peut par conséquent engendrer de nouvelles feuilles. La pointe extrême de la feuille est la partie la plus ancienne.

La feuille à couleur verte a pour fonction générale de subvenir à la nutrition de la plante ; elle absorbe par son épiderme les gaz et les vapeurs de l'atmosphère, elle les met en œuvre dans son parenchyme, dont les cellules sont essentiellement actives, tandis qu'elle exhale en même temps par sa surface d'autres substances gazeuses qu'elle rend à l'atmosphère. La feuille est incontestablement un organe respiratoire, elle constitue les poumons de la plante et sa forme aplatie augmente les points de contact avec l'atmosphère. Les feuilles submergées de quelques plantes aquatiques, ainsi que les pérules et les cotylédons de beaucoup de végétaux, servent assurément à d'autres usages spéciaux.

Il semble contradictoire avec ce que nous venons de dire que toutes les plantes ne possèdent pas des feuilles complétement formées. Cet organe pourrait-il donc être remplacé par d'autres parties de la tige?

En effet les Cactées et les Euphorbiacées aphylles, dont les organes appendiculaires ne se développent régulièrement que dans la fleur, sont munies d'une écorce verte, fort étendue, qui remplit les fonctions ordinairement dévolues à la feuille ; l'écorce se substitue ici au feuillage, parce que son épiderme, de même que ses cellules actives en général, correspondent par leur organisation au tissu foliaire des autres plantes.

Les premières feuilles des plantes sont les cotylédons de l'embryon ; ils sont insérés sur une tigelle conique ou ovoïde terminée d'un côté par un bourgeon caulinaire, de l'autre par un bourgeon rhizogène et qui préexiste au cotylédon. Comme les premières feuilles, toutes les suivantes se forment aussi sous le cône de végétation d'un bourgeon caulinaire et jamais sur aucun autre organe de la plante ; la radicule, dont le cône de végétation est couvert d'une piléorhize, ne peut pas produire de feuilles.

Les feuilles présentent entre elles certaines différences relativement à leur fonction ou sous le rapport de leur insertion, et nous pouvons d'après cela distinguer les espèces suivantes :

1° Les cotylédons (lobes séminaux) qui sont situés sur l'axe de l'embryon et qui existent déjà avant la germination de la graine.

2° Les écailles ou pérules qui sont des feuilles squammeuses dont les cellules remplies d'air protégent la pousse des jeunes bourgeons pendant l'hivernage et qui prennent naissance, comme les feuilles proprement dites, sous le cône végétatif d'un bourgeon caulinaire.

3° Les feuilles, qui se développent sous le cône de végétation du bourgeon et qui, pour la plupart colorées en vert, demeurent plus ou moins de temps adhérentes à la tige et forment l'apanage de verdure des végétaux.

D'après la hauteur de leur insertion sur la tige, on distingue les feuilles radicales, les feuilles caulinaires et les bractées. Les feuilles radicales se trouvent près de la racine ; les feuilles caulinaires entourent les tiges proprement dites et les bractées cachent dans leur aisselle les boutons des fleurs. Ces trois espèces de feuilles diffèrent souvent de forme sur une seule et même plante. On doit y rapporter les stipules, qui se présentent sous la forme de petites feuilles ou d'appendices foliacés, insérées une de chaque côté de la feuille ; il n'est pas rare qu'elles soient soudées avec le pétiole. Toutes les plantes n'en sont pas munies ; souvent elles tombent de bonne heure et elles n'ont dans ce cas de l'importance que pour le bourgeon où elles remplacent les pérules protectrices (dans le Chêne et dans le Hêtre).

4° Les feuilles florales ou *phylles* qui, d'après leur emplacement et leur mode de formation, deviennent les folioles du périgone (*phylla perigonii*), les sépales du calice (*sepala*), les pétales de la corolle (*petala*), les étamines de l'androcée (*stamina*) et les carpelles du gynécée (*carpella*).

Sous le nom de feuilles du périgone, on désigne deux verticilles successifs dont l'apparence et la coloration ne diffèrent pas, comme par exemple dans le Lis. Les sépales généralement colorés en vert forment le premier ou, quand il y a plusieurs cercles colorés en vert, les premiers verticilles foliacés de chaque fleur : telles sont les cinq premières folioles vertes de la fleur du Myosotis et le double calice des Malvacées.

Les pétales, incolores ou colorés, suivent les sépales verts (les cinq lobes bleu d'azur du Myosotis). Les étamines développent dans les

cellules de leur anthère, qui sont conformées d'une façon particulière, un pollen qu'elles laissent échapper d'une certaine manière, comme par une fente ou par un pore; elles se trouvent toujours à l'intérieur de la corolle. Enfin les carpelles produisent, chez beaucoup de plantes, le pistil, qui, chez le Cerisier et le Prunier, ne consiste qu'en un seul carpelle, tandis que chez d'autres le pédoncule prend lui-même part à la formation de cet organe (par exemple chez les Orchidées et chez toutes les plantes à ovaire infère).

Fig. 98.



Les cotylédons qui, par leur aspect et leur structure diffèrent en général essentiellement des feuilles, ont déjà fait l'objet de notre examen dans le chapitre II. Nous avons parlé d'une manière circonstanciée, dans le chapitre III, des pérules; quant aux feuilles florales elles seront examinées de plus près dans le VIII[e] chapitre, de sorte qu'ici nous nous occuperons plus spécialement des feuilles proprement dites.

La forme des feuilles est très-diversifiée et difficile à comprendre dans une description commune. On doit tout d'abord les distinguer en simples et en composées. Une feuille est simple lorsque son pétiole ne porte qu'un seul limbe (Fig. 98); composée au contraire lorsque ce pétiole est pourvu de plusieurs limbes. Une feuille composée peut être digitée ou pennée; elle est digitée ou palmée quand plusieurs folioles sont rassemblées en un point du pétiole, ce qui figure tant bien que mal une main: ainsi chez le Châtaignier, cinq ou sept folioles sont supportées par un même pétiole; elle est pennée quand son pétiole, semblable à une plume, porte des folioles insérées de part et d'autre (le Noyer, l'Acacia et le Sorbier en offrent des exemples) (Fig. 99). La feuille pennée peut l'être simplement ou doublement: elle l'est doublement quand son pétiole se ramifie et que ces ramifications paraissent de rechef pennées, comme chez plusieurs Ombellifères et Fougères(1). Il y a en outre beaucoup de formes intermédiaires.

Fig. 98. Feuilles du Tremble (*Populus tremula*).

(1) La présence d'une articulation à la base de chaque foliole est encore souvent considérée comme un caractère distinctif des feuilles composées. (*Note du traducteur.*)

Il n'existe pas toujours un véritable pétiole, c'est-à-dire un support cylindrique ou sémicylindrique servant de transition de la tige au limbe. Les feuilles de beaucoup de plantes sont sessiles, c'est-à-dire insérées sans l'intermédiaire d'un pétiole, comme chez les Orchidées, les Liliacées, les Iridées, les Graminées, etc. Rarement, comme

Fig. 99.



chez quelques Protéacées, toute la feuille est arrondie en pétiole. Chez le *Hakea suaveolens* par exemple, elle est arrondie et ramifiée latéralement à la façon d'une plume.

Il importe pour la classification des feuilles et pour la botanique descriptive, de savoir comment la base de la feuille se comporte à l'égard de la tige ; on doit notamment rechercher si elle l'embrasse entièrement, si elle l'étreint à moitié ou si elle la touche par un point seulement. Les feuilles de la plupart des monocotylédones sont engaî-

Fig. 99. Feuilles, inflorescence et fruit du Sorbier (*Sorbus aucuparia*).

nantes dès leur première apparition, en ce que tout le pourtour du cône végétatif contribue à la formation de chaque feuille : par contre, les folioles florales, dans cet embranchement du règne végétal, naissent, en général, au nombre de trois à la même hauteur. La base du pétiole ou, quand ce dernier manque, la base de la feuille est, dans la plupart des cas, pourvue d'un petit renflement appelé articulation et qui est en général d'une couleur plus pâle que le reste du pétiole : son tissu consiste en cellules peu épaissies, quelquefois tabuliformes et le système vasculaire est ici relativement moins développé que dans les autres parties du pétiole ou du limbe. Cette articulation est particulièrement remarquable chez les végétaux qui abaissent leurs feuilles pendant la nuit, comme les Oxalis et les Haricots, et chez ceux qui, comme la Sensitive (*Mimosa pudica*), sont sensibles aux excitations extérieures qui mettent leurs feuilles en mouvement ; c'est elle qui, ainsi que son nom l'indique d'ailleurs, est ici l'organe actif du mouvement. La feuille se désarticule toujours à cet endroit quand elle se détache de la branche ; cette chute résulte soit de la formation successive d'une couche horizontale de liége dans l'articulation, qui a pour effet d'empêcher la circulation de la sève entre la branche et la feuille, de sorte que celle-ci se décolore insensiblement, se dessèche et finit par tomber (chez le Bouleau, le Hêtre et le Chêne), soit de ce que la feuille, tuée par la gelée d'une nuit, se sépare tout-à-coup de la branche, à l'endroit où plus tard naîtrait la couche de liége (chez le Platane dans nos climats) (1).

En général, on ne considère comme feuilles composées que celles qui comportent une articulation pour chaque foliole, de sorte que celles-ci peuvent s'abattre séparément ; c'est-là ce qu'on observe par exemple chez le Marronnier, l'Acacia, le Frustet (*Rus typhina*) où il existe une articulation, non-seulement à la base du pétiole commun, mais encore à celle de chaque foliole. Le Marronnier et les deux arbres que nous venons de nommer perdent en général d'abord leurs folioles, et c'est seulement plus tard que le pétiole commun se sépare du rameau à son articulation. Mais toutes les feuilles simples ne comportent pas une pareille articulation. J'appelle aussi *composées* les feuilles qui ne perdent pas leurs folioles isolément. Les

---

(1) Le phénomène de la chute des feuilles a été récemment l'objet d'intéressantes observations de la part de M. H. Mohl qui les a consignées dans le *Botanische Zeitung*.

(*Note du traducteur.*)

feuilles qui ne sont pas articulées à leur base ne tombent pas du tout, ou tout au moins ne laissent pas une cicatrice lisse après leur chute. Nous voyons le premier cas se produire dans les pérules inférieures des bourgeons de nos Conifères et chez le Dattier, qui conserve ses feuilles pennées encore adhérentes à son stipe plusieurs années après leur mort. Tandis que les feuilles aciculaires du Sapin et de l'Epicea possèdent une articulation très-distincte, celle-ci manque aux feuilles écailleuses de ces arbres ; les aiguilles tombent dès qu'elles ont atteint un certain âge et une couche de liége recouvre la cicatricule ; les écailles inférieures persistent, au contraire, et constituent l'appendice squammiforme que nous avons déjà mentionné.

Si l'articulation est très-grande et qu'après la chute de la feuille une partie persiste sur le rameau, on peut la considérer comme le coussinet de la feuille. Notre Epicea montre bien cet organe, son aiguille ne se sépare pas, comme chez le Sapin, tout contre la tige. On peut désigner sous le nom de coussinet de fronde (*Wedelkissen*) l'induvie proéminente des frondes tombées des Fougères arborescentes.

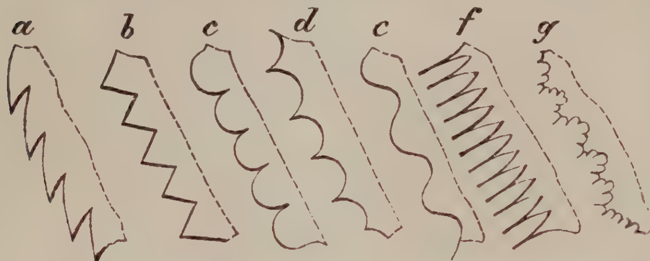
La forme du limbe foliaire varie considérablement chez les différentes plantes ; il y a des feuilles rondes, ovales, lancéolées, cordées, sagittées, voire même linéaires, etc., plus une série de formes intermédiaires à celles que nous venons de citer et de nombreuses transitions des feuilles simples aux feuilles composées. La nature du bord de la feuille, qui peut être entier, serrulé (*a*), denté (*b*), crénelé (*c*), incisé (*d*), sinué (*e*), cilié (*f*), rongé (*g*) (Fig. 100), et ainsi de suite; en outre la forme du limbe, suivant qu'il est simple, c'est-à-dire non partagé, ou qu'il est divisé en digitations ou en pinnules, sont autant de circonstances qui comportent dans la botanique descriptive des désignations caractéristiques. La nature de la superficie, suivant qu'elle est lisse, glabre ou pubescente, de même que l'espèce de pubescence, doivent être également prises en considération. La distribution du système vasculaire, qui détermine la nervation des feuilles n'est pas moins nécessaire pour l'exactitude des descriptions. Enfin la force même du limbe aussi bien que la vigueur ou la délicatesse de sa constitution, méritent également l'attention et permettent de distinguer les feuilles membraneuses, coriaces ou charnues.

Nous pouvons sur nos arbres étudier maintes formes de feuilles Nos Conifères portent en général des feuilles aciculaires ; le Thuya l'Arbre de vie, et l'Ephédra, petit végétal frutescent qui s'éloigne beaucoup du type ordinaire des Conifères, comportent des feuilles

écailleuses; le Salisburia et le Dammara, originaires des tropiques, sont pourvus de feuilles membraneuses, et les feuilles des Araucaria abandonnent déjà la forme aciculaire (Fig. 101).

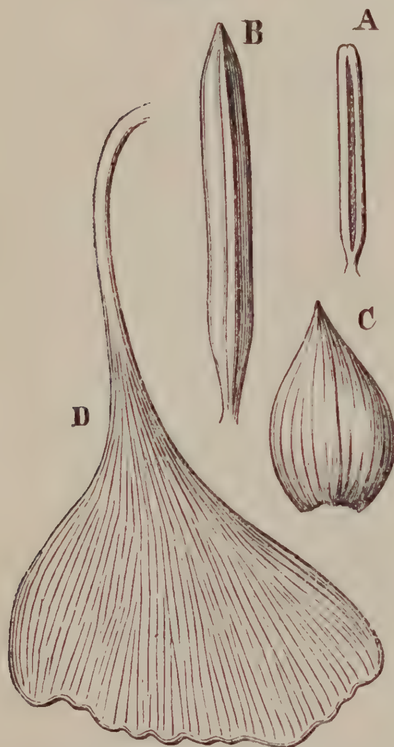
L'aiguille du Sapin (*Abies pectinata*) est aplatie, canaliculée suivant la ligne médiane et légèrement incisée à la pointe ; la face supérieure est luisante, l'inférieure au contraire se distingue par deux raies longitudinales d'un blanc d'argent où les stomates se trouvent accumulés (Fig. 102 *A*).

Fig. 100.



L'aiguille de l'Epicea (*Picea vulgaris* Link) a une section à peu près quadrangulaire : elle se termine en pointe émoussée et n'est pas incisée (Fig. 102 *C*). L'aiguille du Mélèze (*Larix europœa*) est rhomboïdale dans une coupe transversale (Fig. 102 *B*). L'aiguille du Pin (*Pinus sylvestris*) paraît hémicirculaire dans sa section, elle se termine en pointe et son contour est denticulé; elle possède en outre de nombreux conduits résineux, tandis que les feuilles des trois arbres énumérés précédemment n'en comportent que deux, conformés, il est vrai, un peu différemment (Fig. 102 *D*) La feuille de l'Araucaria du Brésil enfin montre sur la coupe de nombreux faisceaux vasculaires répartis dans un même plan et qui alternent avec des canaux résinifères, tandis que les aiguilles de nos Conifères ne possèdent qu'un double faisceau vasculaire central (Fig. 102 *E*).

Fig. 101.



La feuille du Chêne pédonculé (*Quercus pedunculata*) est brièvement pétiolée, bien attachée, à limbe ovoïde-allongé, profondément échancré et un peu replié en dehors à la base du pétiole. Dans cette espèce de Chêne, la plus grande largeur des feuilles est à l'extrémité (Fig. 103).

Fig. 100. Différentes formes du contour des feuilles.

Fig. 101. Feuilles de Conifères : *A*. Aiguille de *l'Abies pectinata*. — *B*. Feuille de *Podocarpus lanceolatus*. — *C*. Feuille de l'*Araucaria brasiliensis*. — *D*. Feuille du *Salisburia adianthifolia*.

La feuille du Chêne rouvre (*Quercus sessiliflora*) a un pétiole beaucoup plus long, elle est ovale et moins profondément échancrée; sa plus grande largeur se trouve au milieu du limbe (Fig. 104). La face supérieure de toutes les deux est luisante, la face inférieure mate et, près de la base, glabre ou finement pubescente: dans ce dernier cas les poils sont disposés

Fig. 102.

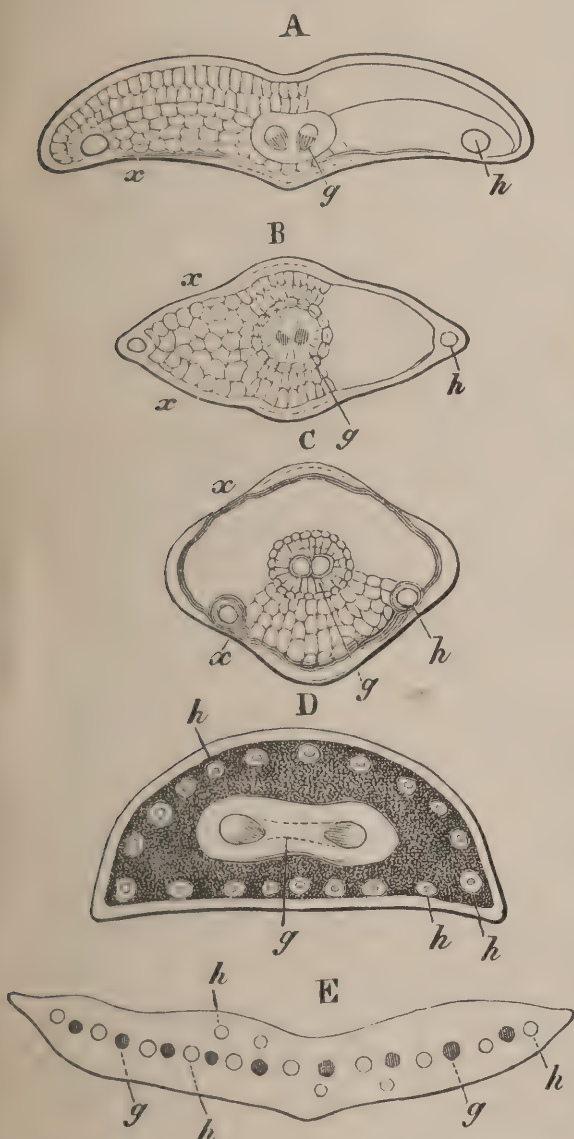


Fig. 103.



en étoile, quatre à quatre et plus rarement deux à deux. Chez les deux espèces les principales nervures secondaires des feuilles se perdent dans les lobes du limbe. Les feuilles du Hêtre (*Fagus sylvatica*) sont pétiolées, ovales, acuminées, confusément dentelées sur les contours, à face supérieure luisante, ciliées sur les bords (Pl. III. Fig. 20). Les feuilles du Charme (*Carpinus betulus*) ont, avec une forme analogue, les contours doublement dentés (Fig. 105), la face supérieure terne, la face inférieure couverte de

Fig. 102. Coupes transversales à travers les feuilles des Conifères: *A. Abies pectinata: g.* faisceau vasculaire; *h.* conduit de résine; *x.* partie de la feuille où sont situés les stomates. *B. Larix europæa. C. Picea vulgaris. D. Pinus sylvestris. E. Araucaria brasiliensis.* (Grossissement de 20 fois).

Fig. 103 Feuilles et fruits du Chêne pédonculé (*Quercus pedunculata*).

poils rudes (1). La feuille pétiolée du Bouleau blanc (*Betula alba* L) est rhombotriangulaire, doublement découpée en dents de scie, glabre chez les vieux sujets; sa plus grande largeur tombe près de la base (Fig. 106). La feuille également pétiolée du Bouleau pubescent (*Betula pubescens* Ehr) est plus ovalo-lancéolée; sa plus grande largeur est au milieu du limbe; dans l'aisselle des nervures principales, à la face inférieure, se montre toujours de la pubescence. La feuille de l'Aune noir (*Alnus glutinosa*) est presque ronde et tronquée à la pointe; sa face inférieure est pubescente dans les aisselles des nervures principales; le pourtour est doublement denté (Fig. 107). Les feuilles du Châtaignier (*Castanea vesca*) sont longuement lancéolées et profondément dentées. Celles de beaucoup d'espèces de Saules paraissent, au contraire, linéaires-lancéolées (Pl. IV. Fig. 47); chez les Erables elles sont digitées et à partitions profondes (Fig. 108).

Fig. 104.



Fig. 105.



Les premières feuilles d'une plante en germination, les folioles de la plumule ou les feuilles primordiales comme on les appelle, diffèrent souvent par leur

Fig. 104. Feuilles et fruits du Chêne rouvre (*Quercus sessiliflora*).
Fig. 105. Feuillage de Charme (*Carpinus betulus*).

(1) On doit aussi considérer, relativement à la forme des feuilles, le contour de leur face inférieure.

forme des feuilles de l'arbre arrivé au terme de sa croissance ; chez le Chêne, le Noyer et les Lauriers, elles sont écailleuses et passent insensiblement à l'état de feuilles ordinaires (Pl. III. Fig. 11). Le Bouleau blanc a, dans ses premières années, des feuilles à poils touffus et plus

Fig. 106.



Fig. 107.



Fig. 108.



tard, des feuilles lisses et glabres. La plantule du Baobab a des feuilles simples, tandis que l'arbre porte des feuilles composées digitées à 5 ou 7 folioles, etc. Chez le Sapin et l'Epicea, les feuilles primordiales de la plantule sont déjà de véritables aiguilles, et chez le Mélèze elles ressemblent aux aiguilles solitaires des branches allongées de l'année ; dans leur aisselle naissent, l'année suivante, les fascicules de feuilles ; enfin chez notre Pin elles sont, la première année, semblables à ces aiguilles isolées du Mélèze, avec cette différence seulement que la seconde année, de doubles aiguilles sortent de leur

Fig. 106. Rameau et feuillage du Bouleau (*Betula alba*).
Fig. 107. Feuillage des rameaux supérieurs de l'Aune (*Alnus glutinosa*).
Fig. 108. Feuille de l'Erable champêtre (*Acer campestre*).

aisselle : les feuilles primordiales du Pin correspondent ainsi aux feuilles squammiformes de la pousse suivante (1).

Au point de vue physiologique, la constitution intérieure de la feuille est plus essentielle que la forme extérieure, car elle diffère complétement selon le milieu où la feuille doit vivre. Ainsi dans une plante aquatique, les feuilles submergées sont organisées autrement que les feuilles nageantes et, à leur tour, les feuilles qui vivent dans l'air diffèrent de ces dernières. Toutes les feuilles qui sont immergées ont un épiderme sans stomates; ces organes manquent à la face inférieure de toutes les feuilles nageantes, et les feuilles qui végètent dans l'air en sont pourvues au moins sur une face, plus rarement sur toutes deux, telles que celles du Gui, de la Betterave, de la Batate et du Colocasia, ainsi que celles des Graminées et des Cypéracées qui, par suite de cette organisation, se tiennent presque verticalement; la plupart des feuilles horizontales, au contraire, ne comportent de stomates qu'à la face inférieure.

La disposition des cellules parenchymateuses dans l'intérieur de la feuille est subordonnée à la présence des stomates sur un seul ou sur les deux côtés. Sur la face où se trouvent les stomates le parenchyme est toujours plus lâche et des méats aériens plus ou moins grands se trouvent entre les cellules, tandis que l'autre face de la feuille, dont l'épiderme est dépourvu de stomates, est formée d'un tissu plus serré et dont les cellules forment des strats continus (Fig. 109). Les feuilles qui sont munies de stomates sur les deux faces ne montrent pas ce contraste dans l'organisation de leurs tissus. La coupe de l'aiguille du Sapin (Fig. 102 *A*) diffère sous ce rapport de celle d'une aiguille d'Epicea : l'aiguille du Sapin n'a de stomates qu'à la face inférieure, dans les deux raies longitudinales d'un blanc

Fig. 109.

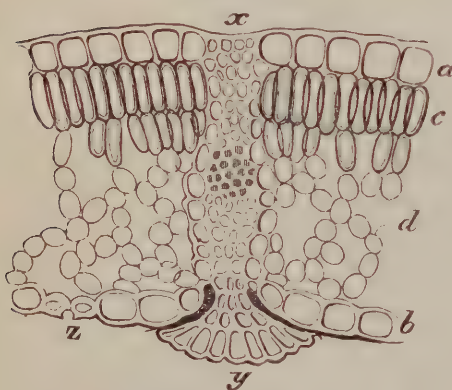


Fig. 109. Coupe transversale à travers une petite portion de la feuille du *Betula alba* : *a*. Epiderme de la face supérieure dépourvu de stomates; *b*. Epiderme de la face inférieure percé de stomates (*z*); *c*. parenchyme dense; *d*. parenchyme lâche; *x*. faisceau vasculaire d'une nervure latérale secondaire; *y*. une écaille glanduleuse (gross. 200 fois).

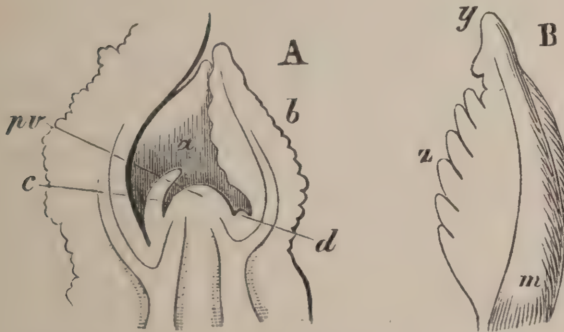
(1) Chez le Pin des Canaries qui pousse volontiers des bourgeons adventifs, les jeunes branches qui proviennent de ces bourgeons émettent d'abord des feuilles primordiales; la même chose a lieu chez notre Pin sauvage, bien que le cas se présente rarement.

d'argent, tandis que celle de l'Epicea possède, au contraire, sur les deux faces, deux raies longitudinales où se trouvent des stomates; l'aiguille du Genévrier n'a de stomates qu'à la face supérieure le long de la raie longitudinale unique et d'un blanc d'argent. Les feuilles du Chêne, du Hêtre, du Bouleau et de l'Aune n'en sont pourvues que sur leur face inférieure. De nombreuses recherches sur les feuilles des classes les plus différentes du règne végétal confirment ce que je viens d'énoncer sur l'organisation des feuilles en général. L'épiderme ou tout au moins la partie de cet épiderme qui est pourvue de stomates, possède ordinairement un aspect plus mat et plus ou moins blanchâtre; c'est l'air qui existe entre les cellules du parenchyme de la feuille qui détermine cette coloration.

L'observation minutieuse du développement de la feuille du Bouleau nous a dévoilé le mode de formation des nervures du limbe. Cette feuille se présente d'abord sous la forme d'un petit mamelon celluleux accompagné de ses deux stipules qui s'élèvent à la même hauteur qu'elle, sous le cône végétatif. La feuille égale d'abord les stipules, mais bientôt celles-ci la dépassent, elles deviennent convexes et la feuille s'élève entre elles.

La nervure médiane apparaît alors à la base du limbe et se perd insensiblement vers la pointe de la feuille. Le tissu de cette extrémité cesse dès lors de s'accroître et se dessèche (Fig. 110). Le limbe de la feuille se développe ensuite des deux côtés de la nervure médiane et l'on voit apparaître les plus fortes dents de son pourtour.

Fig. 110.



A mesure que cette formation s'accomplit, les premières nervures latérales émergent de la nervure médiane et viennent se rendre chacune sous une dent dont le tissu délicat et incolore cesse de s'accroître de bonne heure, comme nous l'avons déjà observé pour la pointe de la feuille ou la dent terminale.

Avec la formation des premières nervures latérales (nervures laté-

Fig. 110. *Alnus glutinosa: A.* Coupe longitudinale à travers la jeune pointe d'un rameau au printemps; *pv.* le cône végétatif; *a.* la stipule; *b.* la feuille à laquelle cette stipule appartient; *d.* le rudiment du bourgeon axillaire de cette feuille; *c.* une feuille plus âgée. *B.* une jeune feuille; *m.* la nervure médiane; *y.* l'extrémité de la feuille; *z.* les dents de premier ordre. La feuille paraîtra tronquée par l'avortement de plusieurs dents situées à son sommet (gros. 30 fois).

rales principales), le limbe s'élargit et son pourtour engendre les dents de second ordre auxquelles succèdent, partant des nervures latérales de la base de la feuille, des nervures latérales de second ordre qui, à leur tour, aboutissent à chaque dent de second ordre nouvellement engendrée. La feuille est en ce moment munie d'un court pétiole.

Le tissu de la feuille s'accroît avec et entre les nervures latérales du premier et du second ordre, tandis que de nouvelles nervures qui vont en s'affaiblissant apparaissent itérativement, sous la forme d'embranchements de celles qui se sont développées les premières. Ces veines délicates venues en dernier lieu se rencontrent souvent dans le tissu de la feuille, elles s'unissent alors en s'accroissant et produisent ce qu'on appelle des *anastomoses*. Chaque feuille réticulée par des nervures, c'est-à-dire par des faisceaux vasculaires ramifiés, a, en raison de cela, comme Griesebach l'a indiqué le premier, plusieurs foyers secondaires de formation; elle ne pousse pas seulement à sa base, mais en plusieurs endroits, variables suivant le système de sa nervation; par contre, la pointe de la feuille, comme Schleiden l'a observé avec justesse, est, dans tous les cas qui me sont connus, la partie qui devient la première inactive. La pointe de la feuille et, en général, toutes les dents du pourtour paraissent se maintenir au même point. Ces dents se forment avant le faisceau vasculaire qui s'étend jusqu'à elles et n'ont qu'une courte durée d'activité; aussi la plupart sont-elles, d'après une observation précise, colorées en brun à cause de leurs cellules mortes. — Le développement de la feuille du Hêtre et du Saule suit la même marche; ici encore se produit d'abord une petite élévation celluleuse; après cela se forme dans cette élévation la nervure médiane d'où partent plus tard les nervures latérales principales et ainsi de suite (1).

Les aiguilles de nos Conifères montrent la nervation la plus simple; un système vasculaire central, qui, observé exactement se compose de deux faisceaux distincts et parallèles, traverse l'aiguille sans former de nervures latérales (Fig. 101 *A* et *B*. et Fig. 102 *A–D*).

Chez le Pin les deux faisceaux sont assez éloignés l'un de l'autre. Les feuilles de l'Araucaria et du Salisburia, au contraire, sont pourvues de nombreux faisceaux vasculaires. La plupart des plantes monocotylédones, par exemple les Graminées, les Liliacées et les Iridées pos-

---

(1) J'ai donné sur la première planche de mes Recherches sur l'Anatomie et la Physiologie des Végétaux les figures relatives à l'histoire du développement de la feuille de l'Aune.

sèdent des feuilles dont les nervures principales sont parallèles à l'axe longitudinal, tandis que chez les Musacées les nervures latérales se dirigent dans le sens de la largeur.

Chez la plupart des feuilles réticulées les nervures paraissent incolores ou colorées en jaune entre les parties vertes du limbe. La chlorophylle, qui détermine la couleur verte, manque non-seulement dans tout le système vasculaire, mais encore dans les nervures de la feuille. Les cellules de l'épiderme qui recouvre ces dernières sont dans certaines feuilles (Chêne, Hêtre, Aune, Bouleau) autrement conformées (Fig. 109); les stomates manquent ici et l'épiderme ne se laisse pas enlever. Quand, au contraire, les nervures sont couvertes de parenchyme rempli de chlorophylle et ne s'étendent pas jusqu'à l'épiderme, elles sont moins visibles et n'altèrent pas l'arrangement des cellules épidermiques; cet épiderme se laisse alors séparer du limbe sous la forme d'une membrane, ce dont les plantes grasses (*Mesembryanthemum*, *Sedum*) et les Fougères offrent des exemples. La forme des cellules de l'épiderme est fort variable chez les diverses plantes.

Lorsque la feuille tombée se décompose à l'air, ses nervures, grâce à leurs cellules lignifiées, se conservent plus longtemps que le parenchyme et il n'est pas rare de rencontrer les plus belles, les plus délicates préparations du système vasculaire des feuilles, produites par l'action naturelle des agents atmosphériques. On a, dans ces derniers temps, appliqué cette force de résistance des nervures à un système d'impression naturelle fort ingénieux : on a découvert un procédé qui permet de faire servir les feuilles à la fixation de leur empreinte sur des planches destinées à en reproduire l'image, procédé qui est appliqué avec une rare perfection à l'imprimerie impériale de la Cour de Vienne. Ainsi, lorsqu'on presse une feuille à moitié sèche contre une plaque d'un métal mou, on obtient une empreinte de sa nervation, empreinte dont on prend, par la galvanoplastie, un moule qui s'emploie directement pour l'impression comme une gravure sur bois. Notre 111e figure, remarquable par l'extrême exactitude avec laquelle les moindres détails d'une feuille de Platane sont reproduits, a été gravée d'après un modèle obtenu par ce procédé d'autoglyphie.

On peut distinguer plusieurs formes principales de nervation : 1° la nervation simple avec une nervure primaire sans nervures latérales, par exemple les aiguilles de nos Conifères proprement dits; 2° la nervation parallèle, dans laquelle toutes les nervures courent parallèlement à l'axe longitudinal de la feuille, comme c'est le cas chez

les Graminées, les Iridées, les Liliacées et beaucoup d'Orchidées; 3° la nervation transversale, dont toutes les nervures latérales, bien que parallèles entre elles, se dirigent cependant perpendiculairement à l'axe longitudinal de la feuille, par exemple chez les Musacées; 4° la nervation infléchie, qui se produit lorsque, dans une feuille lancéolée, les nervures latérales principales se rassemblent à la base et à la

Fig. 111.



pointe de la feuille, mais que, au milieu, elles forment un arc faible et s'écartent l'une de l'autre: c'est ce qui arrive au Convallaria et à l'Hydrocharis; 5° la nervation marginale, quand les nervures secondaires vont directement au bord de la feuille et aboutissent à un lobe ou à une dent comme cela se présente chez l'Aune, l'Orme, le Coudrier, le Châtaignier, le Hêtre, le Charme, le Chêne et l'Erable. 6° La nervation réticulée où les nervures latérales principales n'aboutissent pas au bord de la feuille, mais s'entrelacent ou forment des anastomoses, ce qu'on observe dans les feuilles du Cerisier et de l'Aune noir, de même que dans celles de quelques espèces de Saules (*Salix reticulata* et *S. grandifolia*), en outre dans celles du Noyer, du Cornouiller, du Gommier (*Ficus elastica*) et, parmi les monocotylé-

dones, quelques espèces d'Aroïdées (*Colocasia antiquorum*) (1). La nervation des feuilles est depuis longtemps utilisée pour la détermination des fragments de feuilles fossiles.

J'ai constamment constaté, sur la coupe transversale de la base du pétiole des feuilles simples, trois faisceaux vasculaires distincts qui se rendent séparément de la tige dans la feuille; lorsque celle-ci est munie de stipules, les deux faisceaux latéraux leur envoient une ramification. Pendant leur parcours dans le pétiole, les trois faisceaux se réunissent et leurs éléments anatomiques se distribuent d'une manière analogue à celle de l'arrangement du système vasculaire du cercle ligneux de l'année, la partie libérine se trouvant à la face inférieure du pétiole et du limbe. Ces trois faisceaux primitifs se divisent et la situation de leurs ramifications, leurs points de séparation ou de réunion varient suivant l'espèce d'arbre que l'on observe et suivant la hauteur à laquelle on pratique la coupe du pétiole ou de la nervure médiane. Chez le Marronnier, le nombre des faisceaux vasculaires du pétiole commun correspond toujours à celui des folioles qui composent le limbe; s'il existe cinq folioles, on trouve à la base du pétiole commun cinq faisceaux vasculaires séparés, et ainsi de suite (Fig. 112).

Si l'on suit attentivement la formation et le développement des feuilles, on constate de grandes différences entre les plantes d'espèces différentes ; à l'origine de la feuille digitée ou pennée les folioles sont distinctes sous le cône végétatif du bourgeon: ainsi la foliole centrale du Châtaignier et du Rosier se montre sous la forme d'un petit mamelon situé sous le cône végétatif, puis deux petites élévations, en tous points semblables à la première, surgissent de chaque côté ; elles sont l'origine des deux premières folioles latérales et elles sont suivies à leur tour des folioles suivantes qui apparaissent de la même manière. Chacune d'elles continue alors à croître comme une feuille simple, dont la pointe s'achève d'abord et dont les nervures principales et latérales se produisent selon le mode habituel, et ainsi de suite. La feuille du Rosier, qui sera pennée lorsqu'elle se sera étalée, est d'abord digitée ; ses folioles, déjà assez grandes, se trouvent dans le bourgeon comme les doigts d'une main humaine, l'une près de l'autre, parce que le pé-

(1) Voyez sur la nervation des feuilles l'ouvrage de Pokorni, publié à Vienne, en 1858, avec de nombreuses planches d'impression naturelle.

tiole est en ce moment encore court et gros (Fig. 113). Il en est de même de la jeune feuille du Châtaignier.

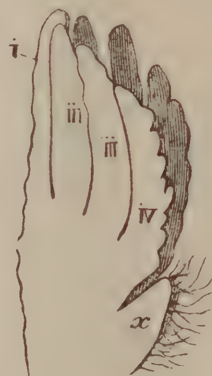
Le développement du pétiole commence ensuite.

Chez le Châtaignier, la partie inférieure seule s'allonge, de sorte que les folioles conservent leur position primitive et que la feuille reste digitée. Chez le Rosier, au contraire, les parties du pétiole qui se trouvent entre les folioles s'étendent aussi et les petites folioles, qui, à l'origine, étaient serrées l'une contre l'autre, s'élèvent en se disjoignant, développement analogue à celui des mérithalles d'un bourgeon pendant la formation d'un rameau. Cet accroissement a pour conséquence la transformation de la feuille digitée du Rosier en feuille pennée.

Fig. 112.



Fig. 113.



Les feuilles profondément divisées, par exemple celles des Erables, se forment de la même manière ; leurs partitions correspondent aux folioles du Châtaignier et se présentent comme ces dernières l'une après l'autre en dessous du cône de végétation, seulement leur séparation ne va pas aussi loin ; chaque lobe, qui, à l'origine, avait toute l'apparence d'une foliole, reste uni aux autres, de sorte que le pétiole porte un limbe d'une seule pièce. Chez quelques plantes, on observe le passage direct de la feuille composée et digitée à la feuille simple pennisequée.

L'histoire du développement de la fleur nous révèle les mêmes différences ; les feuilles des corolles nommées gamopétales, ont la même origine que les feuilles des corolles polypétales ; elles se présentent à

Fig. 112. Feuilles et fruit du Marronnier (*Aesculus hippocastanum*).

Fig. 113. Une jeune feuille du *Rosa canina : x.* l'une des deux stipules ; *I.* la foliole médiane (terminale) ; *II.-IV.* les folioles latérales de l'un des côtés (gross. 40 fois).

leur naissance sous la forme de petits mamelons, en nombre déterminé, situés sous le cône végétatif du bouton qui devient une fleur; l'extrémité de chaque lobe d'une corolle gamopétale est tout aussi bien isolée que les sommets des pétales libres; mais la séparation cesse plus tard chez les premières et persiste chez les autres. On ne devrait donc pas, rigoureusement parlant, dire des corolles gamopétales que les pétales sont *soudés*, mais qu'elle ne s'est pas divisée. Il résulte de ce qui précède que le développement de la feuille digitée ou pennée diffère du développement des sépales ou des pétales d'une fleur uniquement en ce que dans une feuille les folioles naissent les unes après les autres, tandis que chez la fleur les parties similaires d'un verticille sont contemporaines. — La feuille du Rosier est pourvue de stipules dont l'apparition précède celle des folioles.

La belle et forte feuille laciniée et perforée de certaines Aroïdées (*Monstera*) est, à l'origine, entière et sans perforations; il vient un moment, pendant son accroissement, où certaines parties du limbe et des bords restent en arrière et c'est là ce qui détermine les profondes échancrures et les trous si caractéristiques dont ces feuilles sont percées. Les feuilles de Palmier sont d'abord entières, plus tard elles deviennent palmées (*Chamœrops, Thrinax, Corypha, Latania*) ou pennées (*Chamœdorea, Phœnix, Astrocaryum,* etc.); les unes et les autres sont d'abord pliées suivant la longueur; chez la feuille palmée, le pétiole finit là où commence le limbe; chez la feuille pennée, au contraire, il se prolonge à travers tout le limbe en le divisant en deux moitiés latérales.

La feuille palmée du Chamœrops et du Latania se divise sous forme de rayons qui, chez le *Latania borbonica*, ne sont libres que jusqu'à la moitié du limbe. La feuille pennée du *Chamœdorea* se segmente, au contraire, en même temps que le pétiole grandit à certains endroits en folioles pennées et délicates qui se séparent l'une de l'autre, de la même manière que les folioles d'abord rapprochées du Rosier se distancent à la suite de l'allongement du pétiole. Les Bananiers (*Musa*) déchiquètent leurs grandes feuilles, très-tard il est vrai, mais cependant de la même façon que les palmes pennées, avec cette différence seulement que les segments ne s'éloignent pas l'un de l'autre et que le pétiole ne s'allonge pas entre eux : quand la feuille se déchiquète spontanément et sans être déchirée par le vent, c'est qu'elle est généralement bien près de mourir. En temps de pluie on voit à Madère et aux Canaries les feuilles du Bananier, même les plus jeunes, déchirées par le vent en lobes latéraux qui battent de-ci de-là (Fig. 114).

Les frondes des Cycadées sont considérées par les uns comme des feuilles composées et pennées, par d'autres comme des rameaux à végétation limitée. Elles poussent par leur extrémité que l'on peut considérer comme un cône de végétation et elles forment en dessous

Fig. 114.

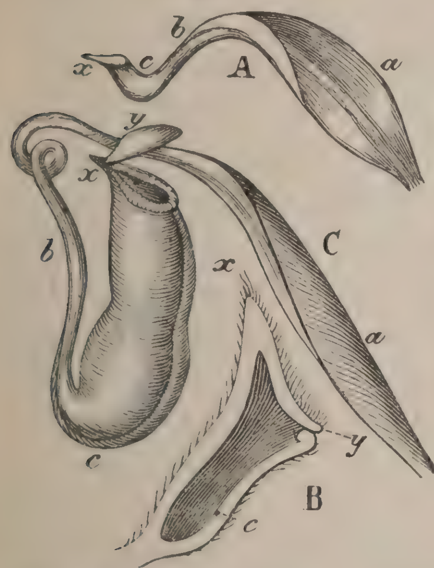


du cône leurs folioles, disposées en rangée ascendante et dont les dernières venues se trouvent en conséquence les plus rapprochées de la pointe. Le cône végétatif de la fronde se termine de différentes manières, par exemple en bout émoussé, couvert d'écailles brunes comme chez

Fig. 114. Bananiers. A droite un *Musa Cavendishi;* à gauche un *Musa sapientium* accompagné de deux rejetons, âgés le premier de deux ans, le second d'une année, et qui sont issus de bourgeons axillaires du rhizôme.

le *Zamia muricata*, ou en une pointe de coloration verte, comme chez les Cycas ; quelquefois pourtant la fronde se termine sous une forme foliacée. Il en est de même, me semble-t-il, pour la fronde des Fougères : on peut également les considérer comme des rameaux dont la végétation est limitée. La feuille pennée du *Guarea trichiloïdes* enfin ressemble plus encore à une branche, puisque, comme tout organe axillaire, elle continue à pousser périodiquement à son extrémité, en formant chaque fois de nouvelles folioles. Les feuilles pennées, qui développent leurs folioles en rangée ascendante, constituent un véritable passage de la feuille au rameau ; quant aux folioles, elles sont toujours privées de bourgeon terminal et leur extrémité ne se développe pas par un cône végétatif ; c'est toujours par sa pointe que meurt la foliole, tandis que le rameau, au contraire, vit le plus longtemps par son extrémité où se trouve son cône de végétation. La feuille composée des monocotylédones se développe, comme nous l'avons vu, suivant un autre mode que la feuille naissante des dicotylédones ; cela tient à ce qu'elle naît tout d'une pièce et se divise ultérieurement, tandis que la feuille dicotylédone a ses folioles distinctes dès l'origine. Les jeunes frondes des Cycadées et des Fougères sont roulées à leur pointe comme des ressorts de montre.

Fig. 115.



Parmi les formes exceptionnelles des feuilles, il faut citer encore les ascidies des *Nepenthes*, des *Cephalotus* et des *Saracenia* qui sont toutes des plantes tropicales. Elles consistent en une amphore souvent longue et large de plusieurs pouces, munie d'un opercule et qui se remplit, par sécrétion, d'une eau claire à laquelle le voyageur altéré a souvent recours sous les tropiques à défaut d'autre breuvage (Fig. 115).

Il arrive quelquefois que l'ébauche de la feuille se transforme en épine. Les trois épines à l'aisselle desquelles sont insérées les feuilles fasciculées des Berberis et des Groseillers à gadelle par exemple, proviennent

Fig. 115. Feuille du *Nepenthes distillatoria*. *A*. Très-jeune et de grandeur naturelle : *a*. le limbe ; *b*. le prolongement flagelliforme de la nervure médiane ; *c*. première forme de l'urne ; *x*. sommet de la feuille qui dès ce moment est déjà morte. *B*. Coupe transversale d'une jeune urne grossie 10 fois ; *c*. l'amphore ; *y*. l'opercule ; *x*. la pointe de la feuille. *C*. La feuille réduite au tiers de la grandeur naturelle. Les lettres ont la même signification que plus haut.

de la modification d'une feuille (Fig. 86); les folioles inférieures d'une fronde de Cycas deviennent également épineuses.

Le pétiole des feuilles composées peut de même finir en une vrille qui s'entortille autour des objets qu'elle touche, ce qui permet à la tige de se soutenir pour s'élever, comme pour les Pois par exemple. Les vrilles de la Vigne et de la Vigne vierge (*Ampelopsis*) ont, au contraire, une origine toute différente. Celles-ci possèdent un cône végétatif en dessous duquel apparaissent les ébauches des feuilles qui arrivent, il est vrai, rarement à se développer; ces vrilles doivent donc être considérées comme des organes axillaires situés à la même hauteur que les feuilles et opposés à celles-ci.

Dans les faisceaux vasculaires du limbe qui, comme nous l'avons vu, forment ce qu'on appelle les nervures de la feuille, je ne trouve partout que des vaisseaux spiraux ou annulaires; ce fait se rattache à l'histoire du développement du limbe en ce que des vaisseaux ponctués ne se forment que là où l'allongement d'un organe s'est déjà arrêté. Or, dès que la feuille est arrivée au terme de sa croissance, elle paraît ne pas continuer à développer son système vasculaire; celui-ci ne change pas même dans l'aiguille du Sapin, qui reste à la branche quelquefois pendant l'espace de dix ans.

On rencontre sur l'épiderme des feuilles différents organes accessoires, tels que des poils, des lépides, des glandes, etc. Les poils (*pili*), produits par des cellules de l'épiderme qui se sont allongées, sont simples ou ramifiés et formés d'une ou plusieurs cellules. Ils paraissent destinés à augmenter la surface des feuilles et à leur fournir un plus grand nombre de points de contact avec l'atmosphère. Il n'est pas rare que les poils tombent plus tard, de sorte que bien des feuilles ne sont pubescentes que dans leur jeunesse. (La feuille du Marronnier est pubescente à l'intérieur du bourgeon; plus tard elle devient glabre). — Les lépides (*squammæ*) sont des poils élargis, consistant en plusieurs cellules aplaties, supportées par une cellule pédicellaire plus ou moins longue. Le revêtement blanc d'argent et luisant des feuilles et des branches de l'Argousier (*Hippophae*) et de l'Eleagnus ainsi que des feuilles de l'Olivier (*Olea europæa*) consiste en lépides auxquelles est départie la fonction des poils.

Les feuilles des Tillandsia, de l'Ananas, celles du *Rhododendron hirsutum* et d'autres sont également couvertes d'écailles qui, par-ci par-là, servent d'organes de sécrétion et paraissent ainsi former le passage des écailles aux glandes. Les glandes (*glandulæ*) enfin, sont

essentiellement celluleuses, se présentent comme des groupes émergeant de l'épiderme et sécrètent des matières fluides. La feuille et la jeune écorce du Bouleau en sont parsemées ; elles élaborent en grande quantité un suc résineux clair et blanc, la Bétuline, et elles recouvrent également les fleurs de cet arbre.

Les feuilles de l'Aune (Fig. 30) élaborent dans des glandes analogues une matière soluble dans l'eau, visqueuse, douce, mais en même temps d'un goût désagréablement amer et qui est la cause de ce que les bourgeons et les jeunes branches sont gluants au toucher, mais qui se dessèche chez les vieilles feuilles (Fig. 109). La feuille du Thym (*Thymus serpyllum*) sécrète dans ses glandes une huile volatile, et ainsi de suite des autres plantes.

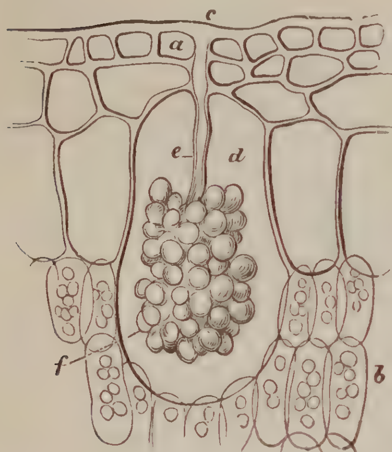
On trouve dans les feuilles et dans les pétioles de beaucoup de plantes aquatiques de très-grands espaces remplis d'air, ordinairement disposés d'une manière fort régulière et ayant la forme de canal. Ce sont les canaux aériens qu'on n'a pas observés jusqu'ici dans les feuilles aériennes ; la gaîne des feuilles des Musacées possède également une infinité de chambres aériennes régulièrement placées, qui manquent dans le limbe. Des cellules ramifiées, papilleuses qui forment le revêtement du canal aérien se dressent chez le Nénuphar (*Nymphœa*) et le Victoria en forme de poils dans et vers le creux du canal, et servent, probablement, comme les poils de l'épiderme des autres plantes, à l'absorption de la nourriture atmosphérique.

Les conduits résinifères des feuilles et de l'écorce des Conifères sont semblables aux canaux aériens, seulement ils sont circonscrits par une couche celluleuse cécernante (Fig. 18) qui sécrète la résine à l'état d'huile essentielle, laquelle se transforme insensiblement en résine par l'absorption de l'oxygène. Ainsi, dans le conduit sécréteur d'une jeune aiguille de Sapin, on trouve une huile essentielle très-aromatique, tandis que les vieilles aiguilles du même arbre contiennent une résine épaisse. L'aiguille du Sapin, de l'Epicea et du Mélèze ne comporte que deux conduits à résine. L'aiguille double du Pin, au contraire, en renferme plus ou moins, quelquefois jusque 24 suivant la force de l'arbre.

L'aiguille du Genévrier ne possède qu'un seul conduit à résine, situé en dessous de la nervure médiane, et l'aiguille de l'If (*Taxus*) n'en a pas du tout. Les ponctuations transparentes remplies d'huile éthérée ou de résine que l'on observe sur les feuilles des Citronniers et des Millepertuis ont la même structure que les conduits à résine des

Conifères, ce sont des ouvertures rondes dans le parenchyme de la feuille circonscrites par de délicates cellules — Il n'est pas rare de trouver des cristaux dans le parenchyme de la feuille. Aussi, chez quelques espèces de Figuiers, d'Orties et d'Acanthes, on observe, à l'intérieur d'une grande cellule, des formations particulières, suspendues à un support et qui consistent en couches de cellulose dans laquelle il s'est déposé de la chaux carbonatée.

Fig. 116.



La forme ordinaire de ces Cystolithes, comme on les nomme, est, chez les Figuiers et les Orties, celle d'une grappe de raisin (Fig. 116); chez les Acanthacées, au contraire, elles figurent assez bien un carreau de foudre, et ainsi de suite.

Les stipules ne sont pas propres à toutes les plantes; elles constituent une dépendance de la feuille comme le montrent distinctement les pérules du Chêne et du Hêtre (Fig. 65 et Pl. III. Fig. 36); elles manquent partout où la circonférence entière du bourgeon est employée à la formation d'une ou de plusieurs feuilles. Les plantes à feuilles amplexicaules, par exemple, sont dépourvues de stipules, de même que le Châtaignier, le Lilas (*Syringa vulgaris*), les Conifères, etc. Nous les rencontrons au contraire chez beaucoup d'arbres forestiers, par exemple chez le Chêne où elles sont lancéolées et caduques, chez le Hêtre où elles pendent près du pétiole sous forme de longues écailles membraneuses et colorées en brun ; enfin chez le Bouleau, l'Aune, etc. Les stipules ne possèdent pas de faisceaux vasculaires quand elles sont squammeuses et que, comme chez le Hêtre et le Chêne, elles tiennent lieu d'écailles gemmales et tombent plus tard ; leur épiderme n'a pas non plus alors de stomates ; quand, au contraire, elles sont colorées en vert et persistent avec la feuille, elles reçoivent de celle-ci leurs faisceaux vasculaires sous forme de ramifications latérales et sont généralement, dans ce cas, constituées de la même façon que leur feuille médiane et, comme elle, munies de stomates, ce qui a lieu chez l'Aune par

Fig. 116. Fragment de la coupe transversale d'une feuille de *Ficus elastica* ; *a.* les cellules de l'épiderme ; *b.* cellules du parenchyme remplies de grains de chlorophylle ; *c.* le point où le pédicelle *e* est attaché ; *d.* la grande cellule qui renferme la concrétion cristalline ; *f.* le cystolithe lobulé (gross. 300 fois).

exemple. Toutefois les stipules du Hêtre sont quelquefois vertes et se conservent alors plus longtemps. La forme des stipules est aussi variée que celle des feuilles ; il n'est pas rare non plus qu'elles adhèrent au pétiole comme chez les Trèfles (*Trifolium*), le Rosier, etc. Elles naissent, ainsi que nous l'avons déjà mentionné, en même temps et à la même hauteur que leur feuille médiane et, lorsque celle-ci est composée, elles viennent plus tôt que ses folioles latérales.

L'insertion des feuilles sur la tige, étude dont C. Schimper, A. Braun et les frères Bravais se sont particulièrement occupés, est assez constante pour chaque espèce de plante ; elle varie toutefois, chez plusieurs arbres, d'après la nature de la branche ; ainsi par exemple, elle n'est pas toujours la même sur la maîtresse-tige et sur les rameaux latéraux. Braun et Schimper ont découvert les principales lois de la phyllotaxie et demontré la grande régularité qui préside à l'arrangement des feuilles; pour l'apprécier, en cas d'alternance, ils comptent le nombre de feuilles par lesquelles on passe et le nombre de tours que décrit une spirale imaginaire que l'on mène autour du rameau, en passant par le point d'insertion de toutes les feuilles, avant d'atteindre la feuille qui se trouve exactement au-dessus de celle par laquelle on a commencé le dénombrement. Si par exemple, la troisième feuille se trouve au-dessus de la première et que la spirale ne fait qu'un cycle autour de la tige, ils nomment cette disposition 1/2 ; si, au contraire, la quatrième feuille se trouve au-dessus de la première, après un tour de spirale, la disposition a pour formule 1/3 ; que la sixième feuille soit superposée à la première après deux tours de spire, cette formule devient 2/5. Le dénominateur exprime ici le nombre de feuilles et le numérateur le nombre de révolutions. Braun et Schimper ont prouvé que la série des rapports qui se présentent le plus souvent dans la nature est la suivante : 1/2, 1/3, 2/5, 3/8, 5/13, 8/21, etc., et que chacun d'eux s'obtient en faisant la somme respective des numérateurs et des dénominateurs des deux fractions précédentes.

D'après les frères Bravais, il y a deux espèces de spirales dans l'agencement des feuilles : l'une curvisériée, où aucune feuille n'arrive jamais à se superposer exactement à une autre, par exemple chez l'Aune, où la quatrième feuille n'est pas précisément superposée à la feuille initiale ; l'autre rectisériée où certaine feuille correspond toujours à une autre suivant une ligne droite. Les frères Bravais croyaient avoir trouvé un angle de divergence unique et constant pour toutes les spirales.

On a tort d'attribuer à la spirale phyllotaxique une valeur trop

grande et de la considérer comme une loi fondamentale de la végétation. En effet la disposition des feuilles, et par conséquent la nature de la spirale génératrice, peut varier chez la même plante, par exemple chez le Châtaignier dont la tige principale a pour formule 2/5 et les branches latérales 1/2; on rencontre même des feuilles opposées et des feuilles alternes sur une seule et même plante; ainsi le jeune Hêtre porte d'abord deux feuilles opposées, tandis que celles qui suivent sont isolées et disposées en spirale. Les feuilles exactement opposées du Marronnier, du Lilas et d'autres plantes ne se laissent ramener à aucune espèce de spirale; l'histoire du développement nous montre que, en cas d'opposition, les deux feuilles naissent et se développent exactement à la même hauteur. Les premières feuilles du Châtaignier ou du Hêtre sont d'abord opposées et elles semblent devoir rester à la même hauteur, mais l'un des côtés de la tige venant à s'allonger par la suite plus fort que l'autre, l'une des feuilles s'élève à un niveau supérieur à celui de l'autre. La disposition en spirale résulte dans ce cas de l'extension prédominante d'un des côtés de la tige sur l'autre. On doit tirer la même conclusion de ce que l'on observe chez le Noyer en germination où les yeux qui se présentent en deux séries longitudinales, passent par un allongement inégal de la tige, d'une position d'abord opposée à une disposition alternante.

La cause première de la disposition régulière des feuilles réside, comme il est facile de le voir, dans l'ordre d'après lequel le cône de végétation des bourgeons forme les feuilles sous lui. Si deux ou plusieurs feuilles apparaissent en même temps et à la même hauteur pendant que la portion de la tige qui les porte s'allonge également, il ne se produit pas de spirale; celle-ci peut être déterminée par l'allongement inégal de la tige, ce dont on voit des exemples dans certains cas tératologiques du Lilas. — Quand, au contraire, comme chez les feuilles amplexicaules, tout le pourtour du cône de végétation est employé à la formation de chaque feuille ou que la plus grande partie de ce pourtour est réclamée pour ébaucher une feuille médiane avec ses deux stipules, aucune feuille ne peut, en vertu même de ce mode de formation, se trouver à même hauteur qu'une autre; dans ces derniers cas, la disposition spiraloïde que les feuilles doivent prendre définitivement sur la branche, se révèle déjà dans le bourgeon (Fig. 61 et 62). Mais nous ne connaissons pas la cause déterminante de cette régularité de l'arrangement des feuilles. La formule phyllotaxique déterminée avec grand soin par Braun et Schimper est très-

utile pour la botanique descriptive ; il en est de même de la direction de la spirale suivant qu'elle monte à droite ou à gauche sur la tige.

La forme de la moëlle est parfois en rapport avec la disposition phyllotaxique, par suite du mode de sortie des faisceaux vasculaires de la tige dans la feuille ; ainsi le Chêne possède une moëlle pentagonale (Fig. 61) ; il a une disposition de feuilles de 2/5, c'est-à-dire que la sixième feuille se trouve au-dessus de la première et que la spirale entoure deux fois la tige en se rendant de la première à la sixième feuille. La moëlle des branches de Bouleau est irrégulièrement triangulaire ; la disposition de feuilles est inexactement 1/3, c'est-à-dire que la quatrième feuille n'est pas exactement au-dessus de la première après un tour de spire étendu depuis la première jusqu'à la quatrième feuille. Les branches principales et dressées du Châtaignier ont une disposition de feuilles représentée par 2/5, les branches latérales couchées plus horizontalement portent au contraire des feuilles distiques (formule 1/2), leur troisième feuille se trouvant au-dessus de la première et la spirale n'entourant qu'une fois la tige.

La disposition spiraloïde des feuilles est surtout apparente sur la tige et plus encore sur les inflorescences femelles des Conifères ; aussi une branche de Sapin dont les aiguilles sont tombées, ce qui arrive facilement aussitôt que la branche se sèche, montre-t-elle parfaitement la disposition en spirale des feuilles. Toutefois cette essence, comme nous l'avons vu dans le chapitre II, germe avec 4 et même avec 7 cotylédons et les aiguilles, ainsi que les écailles de son premier verticille foliaire, sont en même nombre que les cotylédons et sont insérées à la même hauteur en verticille ; la disposition spiraloïde n'apparaît qu'à la seconde année de la vie de la plante. Chez l'Epicea, qui dès la première année fait une pousse de 3/4 de pouce à 1 pouce, cette courbe paraît plus tôt. Le nombre des feuilles dont se composent les spirales ne me paraît pas toujours être le même chez les Conifères, mais il varie d'après la force et la position de la branche. La pousse principale du Sapin présente, en général, un autre nombre que les rameaux latéraux.

Dans le cône des arbres aciculaires on distingue plusieurs spirales secondaires tant à droite qu'à gauche, les unes plus surbaissées, les autres plus étendues et par conséquent composées d'un nombre différent de cycles et de feuilles.

La direction des feuilles sur le même arbre varie comme la disposition d'après la partie qui les porte. Les aiguilles sont dres-

sées sur la pousse principale et verticale du Sapin, tandis qu'elles sont couchées et horizontales sur les branches et dirigées de chaque côté en deux ou trois séries distiques, ce qui lui a fait donner le nom de Sapin pectiné (*Abies pectinata*). Les axes floraux plus verticaux de cet arbre servent d'intermédiaire ou de transition d'un de ces systèmes à l'autre. Pour l'Epicea, l'assiette des feuilles change aussi d'après la direction des rameaux et des branches ; pour une position horizontale, les aiguilles sont plus distiques : au contraire, sur la maîtresse-pousse verticale ou sur les branches pendantes, ces aiguilles sont appliquées contre l'axe et leur pointe est dirigée vers le bourgeon terminal. Chez l'If dont les branches latérales ont les feuilles horizontales, la même chose a lieu.

La position des feuilles dépend aussi, chez certains arbres, de la direction des branches : chez le Châtaignier nous avons vu, sur la branche qui tend à se diriger verticalement, une autre disposition de feuilles que sur une branche plus inclinée. Cette différence est ici originelle et elle se manifeste dès l'apparition du bourgeon ; chez les Conifères, au contraire, elle n'est déterminée que par la direction que prennent les aiguilles lors de leur développement. On reconnaît, en général, que le limbe a une tendance à présenter à la lumière sa plus grande surface ; il suffit pour s'en convaincre de regarder un Lierre dont on verra toutes les feuilles étalées du côté d'où vient le jour.

Les feuilles des plantes exigent, pour vivre, plus de lumière les unes que les autres. Un arbre, dont les feuilles se recouvrent en quelque sorte, comme celles du Hêtre, du Sapin et de l'Epicea, a besoin de moins de lumière qu'un arbre dont le feuillage est plus clair, par exemple le Bouleau et le Pin qui ne supportent aucune ombre. Le Pin perd infailliblement ses branches ombragées ; son tronc est dénudé en dessous de la cime. Les branches et les rameaux du Sapin et surtout de l'Epicea se conservent, au contraire, beaucoup plus longtemps à la base de la tige.

En automne, quand tombent les feuilles, elles se détachent de la tige par leurs articulations, en laissant une cicatrice plus ou moins considérable ; le point de séparation est, en général, plus ou moins nettement indiqué à l'avance ; chez le Sapin et l'Epicea on le reconnaît déjà, dès la première année de l'existence de l'aiguille. La chute de la feuille s'opère, suivant l'espèce d'arbre, de différentes manières, entre autres : 1° par la mort subite d'une couche de cellules délicates dans l'articulation, mort occasionnée par une gelée nocturne ou par

tout autre cause ; c'est ce qui a lieu chez les plantes qui conservent leurs feuilles vertes jusqu'à leur chute, par exemple le Lilas ordinaire et le Platane dans nos contrées ; 2° par la cessation insensible de la circulation de la sève entre la feuille et la tige, qui est provoquée par une formation subéreuse dans l'articulation. La coloration automnale des feuilles semble provenir de ce que la circulation diminue et enfin s'arrête complétement entre le rameau et la feuille.

La cicatrice laissée par la feuille est partout couverte de cellules mortes ou desséchées. Les feuilles de l'Erable, du Bouleau, du Hêtre et du Chêne se décolorent déjà de bonne heure, mais à des époques qui diffèrent d'après la station ; le Platane, au contraire, conserve ses feuilles très-longtemps ; chez le Mélèze elles tombent après les premières gelées nocturnes. Le Pin porte ses doubles aiguilles pendant deux à quatre ans au plus (1). Le Sapin et l'Epicea gardent les leurs de dix à douze ans. Le Gommier (*Ficus elastica*) maintient également son feuillage pendant plusieurs années, tandis que le Figuier (*Ficus carica*) perd le sien à chaque automne ; le Buis, le Lierre, la Pervenche, le Gui, etc., conservent leurs feuilles deux ou plusieurs années. Parmi les arbres tropicaux à croissance périodique, il y en a quelques-uns qui portent leurs feuilles jusqu'à ce que les nouveaux bourgeons s'ouvrent et que de jeunes feuilles se développent. Ainsi l'*Anona squammosa* n'est dégarni de verdure que pendant un laps de temps fort limité au commencement du printemps, parce que ses vieilles feuilles ne tombent que quand les nouvelles poussent. Notre Chêne pédonculé porte même ses feuilles beaucoup plus longtemps ; sur les promenades de Funchal, dès le milieu de février il est déjà en fleurs et il a des feuilles vertes qu'il conserve jusqu'au milieu de décembre. Mais l'Amandier comme l'Anona, retient ses vieilles feuilles jusqu'à la formation des nouvelles ; la Vigne isolée dans un endroit très-abrité reste verte pendant tout l'hiver. Les végétaux toujours verts portent leurs feuilles pour le moins pendant deux périodes de croissance.

Il est naturel de se demander si les plantes toujours vertes poussent aussi en hiver ? Pour les Conifères il faut répondre négativement : aussitôt que le bourgeon terminal s'est fermé, aucune tige, aucune branche ne s'allonge plus ; elle peut seulement s'épaissir. L'accroissement périphérique s'arrête chez tous nos arbres, y compris les Coni-

---

(1) D'après Pfeil, les aiguilles du Pin se conservent plus longtemps à l'ombre qu'à la lumière, où elles meurent au bout de deux ans.

fères, avec le commencement de l'hiver et les feuilles mêmes prennent en automne une coloration plus foncée. La partie ligneuse du système vasculaire des anciennes aiguilles de Sapin ne montre aucun changement, ni aucun cercle annuel, pendant le cours des années ; elles accomplissent en une seule période les diverses phases de leur propre développement et ne semblent avoir plus tard d'autre fonction à remplir que celle de servir à la nutrition de l'arbre qui les porte.

La feuille est incontestablement un organe de nutrition destiné à agir sur l'atmosphère et à recevoir l'influence de la lumière ; dans la plupart des cas elle tourne, comme nous l'avons vu, sa plus grande surface vers les rayons solaires.

Quand le bourgeon déploie ses feuilles au printemps elles sont colorées en jaune-clair ; leurs cellules contiennent une matière granulée dont la constitution chimique est difficile à définir. Sous l'influence de la lumière, les jeunes feuilles verdissent bientôt ; quelques heures suffisent pour verdir une asperge dont la tête d'un blanc de neige vient de sortir de terre. L'action directe de la lumière, qui modifie les affinités chimiques, répand la verdure sur les campagnes ; sous son influence, la chlorophylle se forme dans le parenchyme des feuilles ; en automne elle se transforme en une nouvelle matière colorante jaune (la Xanthophylle) ou rouge (l'Erythrophylle), qui donnent aux feuilles leur coloration automnale. Cette modification est peut-être provoquée par la formation d'une couche subéreuse dans l'articulation qui arrête le passage de la sève entre la feuille et la tige, ce qui doit avoir une certaine influence sur les phénomènes chimiques. — Le Bouleau et le Pin ne prospèrent qu'en pleine lumière. Les feuilles du Bouleau ne se recouvrent pas comme celles du Hêtre, elles sont isolées, libres et s'exposent tant qu'elles le peuvent à la lumière. Le Chêne réclame aussi un emplacement assez éclairé ; le Hêtre, le Sapin et l'Epicea, au contraire, peuvent supporter plus d'ombre.

Il peut quelquefois se développer un bourgeon sur la feuille de certaines plantes et de ce bourgeon sortir une tige. Toutes les conditions générales pour la formation des bourgeons sont réunies, quand des faisceaux vasculaires sont associés à du tissu capable de développement. On a vu des bourgeons apparaître sur la feuille chez la Cardamine des prairies (*Cardamine pratensis*), le Bryophyllum et le *Malaxis paludosa*, petite Orchidée rare des prairies marécageuses, ainsi que chez beaucoup de Fougères, particulièrement celles des tropiques. D'un autre côté, des feuilles détachées de certaines plantes

émettent de faibles racines (comme la Menthe poivrée, par exemple) qui proviennent directement d'un bourgeon rhizogène. Les bourgeons qui poussent sur les feuilles débutent par un cône végétatif et se développent de la manière ordinaire; ils se transforment petit à petit en une jeune plante et présentent ordinairement beaucoup d'analogie avec les bulbilles. Lorsque la feuille s'enracine d'abord, comme nous le disions tantôt, elle peut aussi émettre plus tard un cône de végétation caulinaire et servir ainsi à la formation d'une nouvelle plante. Dans tous les cas on voit que ce n'est pas la feuille qui se transforme directement en tige ni en racine; elle a seulement la faculté, dans certains cas, d'émettre l'ébauche d'un bourgeon. Je ne connais aucun arbre dont les feuilles possèdent ce pouvoir.

On trouve en général dans la feuille, renfermées dans certaines cellules, les mêmes substances que dans les parties herbacées de l'écorce. L'amidon et la chlorophylle ne se trouvent que dans le parenchyme. Le latex, quand il existe, occupe uniquement les vaisseaux laticifères; les vaisseaux charrient de l'air dès qu'ils ont acquis un degré complet de développement; enfin le cambium du système vasculaire est, comme partout ailleurs, abondamment pourvu de principes azotés. Chaque espèce de cellules a ici son activité propre et chacune agissant sur les autres contribue à la vie commune, la feuille soigne pour la tige et celle-ci en retour en fait autant pour la feuille; ainsi dans l'organisme végétal comme dans l'animal tout s'enchaîne et un organe n'est pas moins important qu'un autre pour le but général de la vie végétale.

Quant à la vie des feuilles et à leur influence sur le bon état du reste de la plante, nous devons, je crois, distinguer deux époques : 1° la période de sa propre croissance, où la feuille a besoin de beaucoup de substances alimentaires pour son développement particulier et les obtient des matières tenues en réserve de l'année précédente, et 2° la période où son activité sert à la nourriture de la plante par l'absorption et l'élaboration de l'atmosphère et qui ne se manifeste entièrement qu'après son développement complet. La feuille ne semble plus alors avoir besoin de rien pour elle-même; les aiguilles du Sapin ne se modifient plus avec les années; elle n'est ni plus grande ni plus épaisse qu'elle n'était la première année, mais elle agit sur la branche en l'alimentant; il en est de même de la feuille de la Betterave qui, quand elle est toute poussée et n'a plus besoin de rien pour elle-même, donne à la Rave sa richesse saccharine. On s'explique donc pourquoi

les Betteraves à grandes feuilles de croissance exubérante sont à la vérité plus grosses, mais plus pauvres en sucre que d'autres dont les feuilles sont plus exiguës et les racines assurément plus petites, mais beaucoup plus riches en sucre. Chaque cercle de feuilles de la Bette est en liaison particulière avec un anneau vasculaire de la Rave de sorte que la largeur de cet anneau et par conséquent le diamètre de la racine dépendent de la durée de croissance des cercles de feuilles. La formation de sucre au contraire n'atteint son maximum que quand la croissance des feuilles et des faisceaux vasculaires qui en dépendent est finie, et elle augmente avec la durée de la vie des premières. La feuille chez toutes les plantes est, quand elle est toute développée, spécialement affectée à la nutrition des autres organes et elle doit veiller à ce qu'une certaine quantité de substances alimentaires soient mises en réserve pour la période de végétation à venir. La Pomme-de-terre forme, quand ses feuilles sont exubérantes, peu de tubercules qui restent petits et pauvres en fécule aussi longtemps que ses feuilles continuent à croître ; au contraire, les touffes de Pomme-de-terre, de croissance normale, quand leurs feuilles sont développées, travaillent immédiatement à la création de petits tubercules et à la formation de la fécule. De même la pousse gourmande des arbres, qui s'assimile, pour sa propre formation, beaucoup de nourriture, produit un cercle annuel large mais léger ; de même la formation de matières de réserve est moindre que dans une branche normale.



Larche

Mélèze

VI.

La Racine.

Le vieux Sapin brave l'orage et résiste aux tourmentes atmosphériques même sur le sommet des montagnes où les dégâts des tempêtes sont souvent terribles. Ses fortes racines pénètrent à une grande profondeur, s'insinuent dans les crevasses des rochers et elles étreignent la pierre avec force; son tronc ressemble à une haute colonne qui supporte une large couronne de feuillage ; il plie sous l'effort du vent, mais ne tombe jamais, à moins qu'il ne soit entraîné par la chute d'arbres plus lourds. L'Epicea, au contraire, est loin d'offrir autant de résistance ; ses racines horizontales pénètrent en terre à peine à une profondeur de deux pieds, de sorte qu'il est fort exposé à souffrir des coups de vent ; en se renversant, il emporte avec lui le terrain où sont fixées ses racines. Le Peuplier pyramidal est exposé aux mêmes dangers, et l'orage le renverse facilement parce que ses racines sont loin d'être en rapport avec la hauteur et le développement du tronc : il en résulte que l'emploi de cet arbre est dangereux dans les digues et les chaussées ; il est, en pareil cas, avantageusement remplacé par le Saule, dont les nombreuses ramifications radicales forment un lacis qui contribue à l'affermissement des berges. Quant au Chêne, ses racines sont inébranlables, et il n'est vaincu par la tempête en fureur que si le temps a lentement creusé son tronc noueux.

La racine est un organe d'une haute importance pour les arbres ; elle leur sert de soutien et contribue à les nourrir et remplit d'ailleurs ces deux fonctions chez la plupart des végétaux. Cependant les racines aériennes, qui, suspendues dans l'air n'atteignent pas toujours le sol, ne servent qu'à la nutrition seulement, mais nous n'en rencontrons pas

dans nos forêts, et elles semblent, en général, appartenir en propre à la végétation des climats tropicaux. Les Fougères arborescentes qui croissent au sein d'une atmosphère chaude et humide, sont revêtues tout autour de leur tronc d'une épaisse couverture de racines aériennes. Les troncs âgés du Laurier des Iles atlantiques (*Laurus canariensis*) que l'on rencontre dans les ravins humides des forêts, se recouvrent de racines aériennes particulières; elles se montrent chaque année à l'époque des pluies d'automne, se dessèchent et meurent quand arrive la saison chaude : on a pris autrefois ces singulières racines pour des champignons, et Bory de Saint Vincent, se méprenant sur leur véritable nature, les a décrit sous le nom de *Clavaria Lauri*. Les Orchidées tropicales, ces suaves épiphytes des forêts vierges, émettent une quantité de racines aériennes, tandis que leurs sœurs de nos bois et de nos prairies sont redevenues épigées comme la généralité de notre flore. Les racines des plantes qui flottent librement à la surface des eaux, doivent être assimilées aux racines aériennes et servent uniquement à nourrir et non pas à soutenir le végétal comme c'est le cas pour les végétaux terrestres.

L'arbre, de même que la plupart des végétaux supérieurs, réclame deux espèces de nourriture : l'une qui lui vient de l'air, l'autre qui lui est fournie par le sol. Les feuilles et les parties vertes de l'écorce puisent dans l'atmosphère certains gaz et des vapeurs; elles absorbent, par exemple, l'acide carbonique et le mettent en œuvre pour en répandre les éléments constitutifs dans l'économie végétale. La racine, de son côté, soustrait au sol les principes dissous dans l'eau; elle livre à la plante les combinaisons azotées qu'elle trouve dans l'humus et dans le sol arable, sans négliger les principes hydrocarbonés qui se présentent, et elle s'approprie ces nombreuses matières salines qui se retrouvent sous forme de cendres quand on fait brûler du bois. La chaux et la magnésie, par exemple, pénètrent par cette voie, probablement sous forme de bicarbonates solubles. Le sol arable exerce d'ailleurs une action puissante sur l'air atmosphérique; l'azote se combine avec l'hydrogène et avec l'oxigène pour former de l'ammoniaque et de l'acide nitrique. D'après Mulder cet acide se combinerait avec les acides de l'humus et avec des éléments terreux ou métalliques tels que les oxides ferreux, magnésique et calcique, pour former des sels doubles et solubles. En un mot la racine répand dans le système nutritif du végétal des matériaux inorganiques et des principes organiques, tandis que la feuille remplit un rôle plus spécial et ne fournit

guère que des éléments organiques. L'eau qui forme la base de la nourriture des plantes, leur est également amenée pour la plus grande partie par la racine.

Certaines espèces, flottant à la surface des eaux sans être reliées au sol, montrent ainsi qu'elles peuvent se passer de lui. Les Lentilles d'eau, par exemple, qui constituent le genre *Lemna,* trouvent dans l'eau ce qui leur faut pour vivre au moyen de leurs petites racines et dans l'air qui est un contact de leurs surfaces vertes. D'autres espèces, dont les feuilles sont submergées, n'ont même pas besoin de l'action directe de l'atmosphère, l'air dissout dans l'eau leur suffit et elles prennent le reste dans la vase ou le sable, où pénètrent leurs racines. Quelquefois des feuilles étalées et des feuilles immergées sont réunies sur la même espèce, bien que leur organisation soit différente, ainsi que nous l'avons vu plus haut. D'un autre côté les plantes aquatiques ont souvent à la fois des racines qui restent dans l'eau et d'autres qui entrent dans le sol, de même que les Fougères arborescentes, par exemple, présentent en même temps des racines aériennes et des racines hypogées : mais il est à regretter que les plantes aquatiques ne soient pas encore suffisamment étudiées ; on ne sait pas non plus, d'une manière certaine, si les différences que l'on remarque dans le développement des racines, proviennent de la nécessité pour celles-ci de vivre dans tel ou tel milieu. Ces particularités sont connues pour la feuille ; ainsi l'on sait que les feuilles submergées sont dépourvues de stomates et que ces petits organes sont tous répartis sur la face supérieure des feuilles flottantes. Ajoutons enfin que les véritables racines manquent chez quelques plantes, par exemple chez les Mousses et les Hépatiques; elles sont ici remplacées par des poils ou papilles radicales qui, provenant de la tigelle, possèdent le pouvoir d'absorber la nourriture du sol. Quelques-unes de nos Orchidées, telles que les *Epigonum* et *Coralloryza*, dont la tige est organisée sur un plan spécial et qui poussent entre les feuilles mortes et humides des forêts, ne possèdent pas non plus de racines proprement dites, et sont obligées de les remplacer par des papilles insérées sur la tige.

Toute racine est issue d'un bourgeon rhizogène, et elle est toujours terminée par un bourgeon rhizogène; en d'autres termes, il existe à l'extrémité de chaque racine un bourgeon rhizogène recouvert de sa piléorhize. Cette dernière particularité explique l'absence de feuilles sur les racines et prouve que celles-ci s'allongent de la même manière que l'axe ascendant au moyen d'un cône végétatif terminal.

La racine peut se former de deux manières différentes, soit directement de la radicule de l'embryon, soit au moyen d'un nouveau bourgeon rhizogène qui apparaît dans la zone génératrice de l'axe ascendant ou de l'axe descendant. Dans le premier cas, il se montre un pivot, et dans le second toutes les racines sont adventives. Les bourgeons rhizogènes qui produisent ces derniers, peuvent apparaître partout où du cambium est associé à du tissu vasculaire; nous nous sommes d'ailleurs occupé plus haut de leur naissance et de leur zone génératrice.

La radicule de l'embryon des dicotylédones se transforme, comme nous l'avons vu, pendant la germination, en une racine principale ou pivotante, à la suite de l'allongement de l'axe de haut en bas. Presque tous nos arbres germent, comme la généralité des plantes dicotylédones, avec un pivot, mais celui-ci est souvent bientôt dépassé par certaines racines latérales, par exemple chez l'Epicea. Les Monocotylédones, au contraire, sont dépourvues de pivot dès leur germination : l'observation attentive d'un embryon de Palmier montre même que l'ébauche de sa racine correspond déjà aux racines latérales qui émergeront plus tard de l'hypoblaste (Fig. 53): la radicule n'est pas ici la terminaison directe de l'axe de l'embryon; elle n'est pas libre comme celle des dicotylédones, mais elle doit, au contraire, se faire jour à travers les tissus de l'embryon de la même manière que les racines latérales percent les tissus corticaux en sortant de la zone génératrice ou de l'hypoblaste. L'embryon de quelques graminées montre même l'ébauche de plusieurs racines adventives : le *Triticum fastuosum*, par exemple, en présente trois au moment de la germination; le *Lolium speciosum* (Fig. 44) une seulement, mais elle est bientôt suivie de plusieurs autres.

Pendant la germination des dicotylédones, c'est la radicule qui apparaît toujours la première et elle est souvent déjà longue et forte, quand la tigelle repose encore entre les cotylédons (par exemple chez le Chêne et le Noyer). Au contraire, chez les Palmiers et les Graminées, la racine et la tige sortent à peu près simultanément de la semence. Il en est de même pendant la germination des Fougères, dont la tige et la racine se développent en même temps et l'on pourrait ici assimiler au pivot de la racine la première racine libre qui apparaît sans avoir à traverser une couche corticale.

L'organisation de la racine est toujours la même, quel que soit son mode de formation : toujours elle possède une zone génératrice, tou-

jours son cône végétatif est recouvert d'une piléorhize (Fig. 117). L'influence que cette zone génératrice exerce sur le mode de développement et sur la structure de la racine, est la même, et peut-être plus grande et plus prononcée encore, que celle que nous lui avons reconnue sur le système vasculaire de la tige, tant en ce qui concerne les cercles concentriques des dicotylédones que relativement aux faisceaux épars des monocotylédonés.

L'activité de la zone génératrice s'éteint de bonne heure dans la racine des monocotylédones et des cryptogames supérieures : aussi ces racines restent-elles relativement faibles et ne peuvent-elles émettre des racines latérales que sur leurs parties les plus jeunes. Chez les Palmiers et les Smilacinées, famille à laquelle appartient la Salsepareille, certaines cellules de la zone génératrice se lignifient et forment une gaîne résistante autour du système vasculaire central (Fig. 118).

La formation de ce cercle ligneux arrête l'accroissement en diamètre de la racine monocotylédone, dont le nombre des faisceaux vasculaires n'augmente plus désormais, tandis qu'il continue à le faire dans la tige tant que celle-ci grossit. Toutefois chez les Dracœna et les Pandanus cet étui de cellules épaissies se montre assez tard, et dès ce moment la racine ne grossit plus, alors que précédemment elle s'accroissait comme la tige au moyen de la zone génératrice. Ces faisceaux vasculaires de la racine monocotylédone, au lieu d'être nettement séparés par du parenchyme, comme ils le sont en général dans la tige, sont disposés sur un seul rang et souvent fort rapprochés de manière à simuler un cercle formé par des vaisseaux et des cellules à cambium. Quant aux cryptogames leurs racines ne possèdent qu'un seul faisceau vasculaire central.

Il résulte de ce qui précède, relativement à la racine monocotylédonée, que la tige d'un Palmier ne passe pas insensiblement à l'état de racine comme celle d'un dicotylédone, mais se termine au contraire à la base par un tissu actif, avide de développement, qui, dans l'embryon, constitue l'hypoblaste et émet la première racine, et qui plus tard en produit successivement un grand nombre d'autres ; celles-ci sont faibles mais elles suppléent par leur quantité à l'absence de ce fort pivot qui, chez les dicotylédones, produit une foule de ramifications.

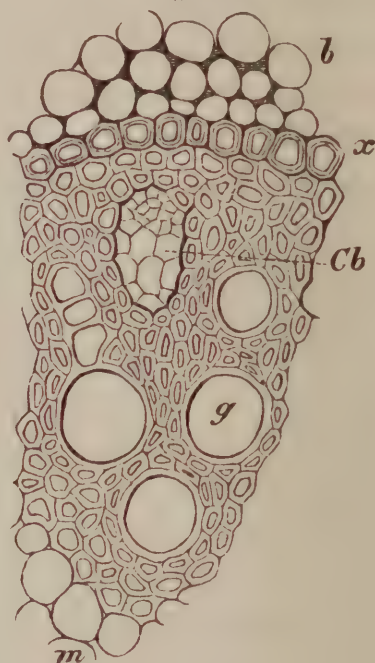
Une bulbe de Jacinthe, qui représente en réalité une tige à mérithalles déprimés, produit par la face inférieure de son plateau d'innom-

brables racines adventives, jamais de racine pivotante : c'est un excellent exemple de la rhizotaxie des monocotylédones en général : ces plantes s'enracinent souvent et de la même manière aux nœuds de leurs tiges, comme, par exemple, quelques Graminées et certaines Aroïdées. Les racines adventives du Dattier, du Dragonnier et des Pandanus s'allongent longtemps par leur extrémité et prennent ainsi une vaste étendue de terrain ; celles des deux derniers s'épaississent

Fig. 117.



Fig. 118.



même d'une manière assez notable et il n'est pas rare de trouver sur le *Pandanus odoratissimus* des racines de la grosseur d'un bras d'homme. Tous les Palmiers dont le stipe s'élance à une grande hauteur, tels que les *Phœnix*, les *Lodoicea*, les *Attalea*, etc., s'enfoncent profon-

Fig. 117. Racine aérienne, jeune et desséchée du *Pandanus odoratissimus*. La racine (*a*) s'est fortement contractée par la dessication, de sorte que la piléorhize (*wh*), qui consiste ici en couches nombreuses et irrégulières, est devenue beaucoup plus apparente (grandeur naturelle).

Fig. 118. Coupe transversale d'une portion de racine de Smilax (*Sarsepareille du Honduras*), d'après Schleiden : *b*. partie intérieure de l'écorce primaire ; *x*. les cellules de la gaîne circulaire ; *cb*. le cambium ; *g*. vaisseau ; *m*. cellules medullaires (gross. 200 fois).

dément en terre pendant la germination, parfois jusque trois pieds, et ne donnent naissance à leurs racines adventives qu'au moment où ils atteignent un niveau tel qu'elles puissent résister aux orages.

Les monocotylédones sont, en résumé, pourvues à leur base d'un tissu actif, capable de développement et qui forme leurs racines, tandis que chez les dicotylédones la racine réellement pivotante, est la prolongation directe de l'axe embryonnaire.

La racine des dicotylédones possède une zone génératrice dont l'activité ne s'éteint pas et renferme un système vasculaire semblable à celui de la tige. Ainsi elle consiste ordinairement en une moëlle centrale (pivot des *Zamia*, des *Opuntia*, et des *Juglans*) entourée de zones ligneuses concentriques et d'une écorce, mais il arrive aussi que la racine diffère de la tige par le développement et la structure de ses éléments. Ainsi par exemple la couche corticale extérieure meurt en général de bonne heure sur la racine de nos arbres par suite de la formation dans le parenchyme d'une couche subéreuse qui arrête l'émission de la sève et provoque la dessication de toute la zone extérieure prédisposée d'ailleurs à ce genre de mort dès son origine (Fig. 119 et 120) : une conséquence de ce fait c'est que les organes qui d'ordinaire sont situés dans cette zone de l'écorce manquent souvent dans la jeune racine : les conduits résinifères de la tige du Sapin, du jeune Epicea et du Pin manquent par exemple dans l'écorce radicale ; cette différence entre la tige et la racine se révèle dès la germination et elle provoque une différence d'aspect assez notable : au-dessous du collet, l'extérieur de l'écorce meurt de bonne heure, tandis qu'au dessus de cette limite elle reste longtemps en vie et recouverte d'un épiderme parsemé de stomates.

La racine dicotylédone diffère en outre de la tige par la structure du système ligneux, en ce que : 1° ses faisceaux vasculaires s'accroissent pendant un certain temps du côté de la moëlle et arrivent par là à l'envahir complétement, par exemple dans les racines adventives des Conifères et de beaucoup d'arbres forestiers ; mais il n'est pas démontré que ce phénomène soit général (1) ; 2° la division des éléments du système vasculaire est relativement moindre que dans la tige, de sorte que pour une même surface plane de la coupe transversale on compte des cellules en plus petit nombre mais beaucoup plus larges dans la racine

---

(1) Naegeli est le premier qui ait attiré l'attention sur le développement centripète du système vasculaire de la racine.

que dans la tige. Le bois des racines des Conifères est formé de cellules deux ou trois fois aussi larges que celles du tronc ; il en est de même pour les vaisseaux qui se trouvent dans les bois des essences forestières, telles que les Chênes, les Hêtres, etc. Il en résulte que le bois de racine est plus léger et moins calorifique que le bois de tronc. (Fig. 76.)

De même que les branches et les rameaux de la cime dépassent souvent en force la maîtresse-tige, de même les ramifications de la racine l'emportent fréquemment par la vigueur de leur végétation et

Fig. 119.

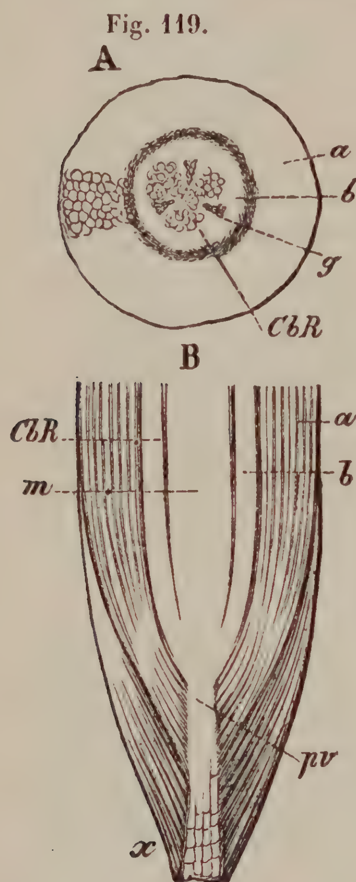
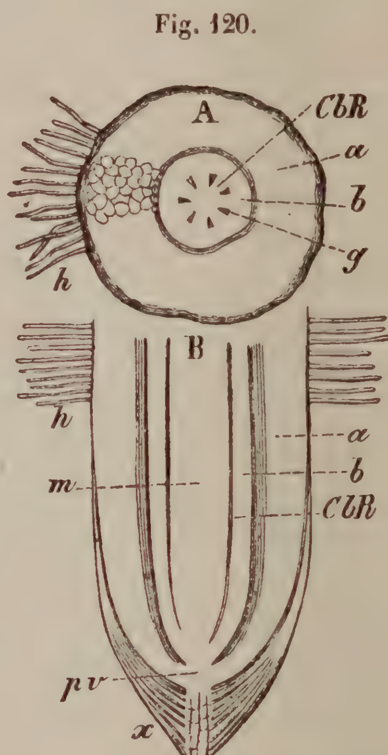


Fig. 120.



de leur accroissement sur le pivot dont elles sont issues ; de plus ce pivot peut être au besoin remplacé après sa mort par une ou plusieurs

Fig. 119. *Abies pectinata*. *A*. Coupe transversale d'une radicelle latérale : *a*. couche externe de l'écorce primaire ; *b*. couche interne du même organe ; *CbR*. zone de cambium ; *g*. système vasculaire ; *B*. Coupe longitudinale de la même radicelle ; *m*. la moëlle ; *pv*. cône de végétation ; *x*. piléorhize (gross. 20 fois).

Fig. 120. *Alnus glutinosa*. *A*. Coupe transversale d'une jeune racine secondaire : *a*. partie extérieure de l'écorce primitive ; *b*. partie interne de cette écorce ; *CbR* cambium ; *g*. faisceaux vasculaires ; *h*. poils radicaux. *B*. Coupe longitudinale de la même racine ; *m*. la moëlle ; *pv*. le cône végétatif ; *x*. la piléorhize (gross. 20 fois).

racines latérales, de la même manière qu'une branche latérale peut dans la couronne prendre la place de la flèche. Il est rare que l'on puisse, chez un vieil arbre, distinguer la racine primitive de celles dont la naissance a été adventive ; le Chêne, le Hêtre et le Sapin eux-mêmes, dont le pivot est si puissant pendant leurs premières années de vie, le voient être petit à petit dépassé par de fortes racines latérales. Chez l'Epicéa, elles n'attendent pas aussi longtemps et elles prennent le dessus dès la cinquième ou la sixième année. Toute racine latérale semble d'ailleurs douée de la faculté de se développer vigoureusement quand les circonstances lui sont favorables et de se transformer en un pivot secondaire.

La nature a en cela fait preuve d'une sage prévoyance, puisque l'arbre, destiné à atteindre un très-grand âge, est enchaîné au sol, et ne peut espérer, sauf ce qu'il trouve dans l'air, d'autre nourriture que celle que celui-ci lui fournit ; or la constitution du sol est loin d'être uniforme surtout dans les cantons forestiers ; elle varie, au contraire, beaucoup d'une couche à l'autre.

D'un autre côté, les racines s'étendent plus ou moins en profondeur ou en étendue suivant l'espèce de l'arbre ; elles se développent, en général, de la manière la plus luxuriante, aux endroits où la terre leur donne la nourriture la plus convenable, et restent en arrière où celle-ci leur fait défaut. On peut, par conséquent, contraindre un arbre à étendre ses racines, soit en surface, soit en profondeur, ou bien à les diriger de préférence d'un côté plutôt que de l'autre, en lui présentant plus ou moins haut ou de tel ou tel côté l'espèce de terre qu'il aime le mieux. Sprengel a démontré ce fait par l'expérience. On en trouve de nouvelles preuves en observant les Sapins et les Epicéas, qui enfoncent leurs racines dans les crevasses rocheuses et s'abreuvent des produits de leurs efflorescences et de leurs décompositions ; lorsque cette source de nourriture est épuisée, les ramifications latérales de la racine en cherchent de nouvelles, et si elles n'y parviennent pas, cette racine meurt, tandis que d'autres se forment ailleurs et semblent aller à la recherche d'un endroit convenable pour alimenter l'arbre ; on voit celles qui sont assez heureuses pour rencontrer une veine de bonne terre se développer avec une remarquable vigueur.

Les ramifications de racines sont, en général, subordonnées, quant à leur puissance, au diamètre de celles qui les portent ; ainsi une faible racine ne produira que de faibles bourgeons rhizogènes dont la moëlle,

qui d'ailleurs ne manque jamais, sera très-étroite et souvent méconnaissable. Les racines latérales du Sapin, par exemple, restent faibles quand elles se dirigent horizontalement et portent d'ordinaire des ramifications doubles comme les aiguilles des rameaux (Pl. I, Fig. 20 et 21); or on ne trouve, en général, chez elles, que deux ébauches de faisceaux vasculaires; si de pareilles racines acquièrent plus tard une certaine force, on les distingue à leur moëlle aplatie et à leur double faisceau vasculaire appliqué contre l'étui médullaire, tandis que dans les autres racines de cet arbre la moëlle paraît arrondie. Le Pin produit relativement peu de racines latérales, mais leurs ramifications sont, par contre, plus fortes que celles du Sapin. Les parties les plus jeunes de la racine du Pin semblent posséder seules la faculté de donner naissance à de nouvelles ramifications radicales, tandis que les parties âgées perdent cette faculté, sans doute par suite de l'écorce rude et épaisse qui les recouvre et qui oppose un obstacle insurmontable au développement d'un nouveau chevelu : c'est là un fait dont on doit tenir compte lors de la transplantation des Pins. La mort de la couche extérieure de l'écorce arrête, en général, la formation de nouvelles racines et celles-ci se développent de préférence sur les parties jeunes de l'axe descendant.

Par quelle partie la racine absorbe-t-elle la nourriture qu'elle doit puiser dans le sol? Cette question, dont on a jusqu'ici tenu beaucoup trop peu compte, ne peut être résolue que par l'étude de la structure de cet organe.

Si nous faisons germer un gland de Chêne, nous voyons que le pivot est le premier à sortir de l'écaille. D'abord incolore ou un peu jaunâtre, couvert d'un léger duvet de poils délicats et la pointe coiffée d'une piléorhize, il prend insensiblement une coloration plus foncée à sa partie postérieure, à mesure qu'il s'allonge par son extrémité; les couches externes de l'écorce perdent, à la suite d'une formation subéreuse, la sève qui emplissait leurs cellules, l'épiderme et les poils radicaux qui lui sont annexés se dessèchent et deviennent brunâtres; de son côté l'extrémité jeune et en voie de croissance se recouvre d'un épiderme délicat chargé de nouvelles papilles. Alors de jeunes racines latérales se sont l'une après l'autre élancées du pivot dans plusieurs directions; elles commencent comme celui-ci par être incolores et revêtues partout, sauf sur leur piléorhize, d'un feutre serré de poils radicaux; en s'allongeant par leur pointe, elles voient l'écorce extérieure de leur base mourir à partir d'un certain âge.

Ce qui se passe chez le Chêne se produit également, à peu de différence près, chez toutes les plantes que j'ai examinées ; chez toutes, la partie la plus jeune de la racine, aussi loin que la piléorhize ne la recouvre pas, est entourée de poils déliés ou d'un épiderme non moins délicat (*Epiblema*), tandis que les parties plus âgées, déjà colorées en brun, sont envolvées dans une couche de liége ou d'écorce crevassée. Or il n'y a que la partie la plus jeune de la racine, celle qui est encore incolore ou un peu jaunâtre et qui n'est pas encore recouverte de liége, qui soit douée du pouvoir de soutirer la nourriture hors du sol ; quant aux parties plus âgées et colorées en brun, elles sont tout à fait incapables, empêchées qu'elles sont par leur enveloppe subéreuse, d'absorber les substances dissoutes. Förster désignait, avec beaucoup de raison, sous le nom de suçoir, cette partie délicate de l'extrémité des racines. On sait qu'une plante se dessèche dans l'eau si la partie des racines qui possède un *Epiblema* émerge hors du liquide.

Les papilles des radicelles sont si délicates et si hygroscopiques qu'elles se dessèchent presque instantanément quand on les retire de l'eau ou de la terre humide : elles sont d'ailleurs tout aussi avides d'absorber les liquides (Fig. 121). Pour les étudier chez un arbre forestier, il faut user des plus grandes précautions pour le déraciner, avoir soin de relever en même temps une certaine quantité de terre et porter les racines immédiatement dans un vase rempli d'eau pour les laver fort doucement ; on les observe, par exemple, aussi bien chez le Chêne et le Hêtre que chez le Pin, tantôt longues, tantôt courtes et de longueur variable ; chez le Sapin, j'ai toujours trouvé un épiderme très-délicat et jamais de papilles radicales. Je présume cependant que la station n'est pas sans influence sur ce développement, attendu qu'il doit se former moins de papilles dans un sol favorable que dans un terrain plus ou moins aride. Ces poils radicaux augmentent incontestablement la surface absorbante, de sorte que s'ils manquent, c'est un signe que la surface ordinaire de l'épiderme suffit pour puiser la nourriture nécessaire, tandis que, s'ils sont nombreux, on en peut conclure ou bien que le pouvoir endosmotique de l'épiderme est assez faible,

Fig. 121.

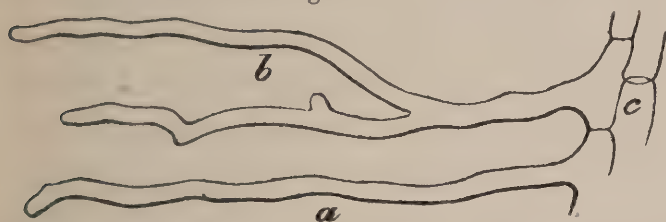


Fig. 121. Papilles de l'*Opuntia ficus indica* ; *a*. continue ; *b*. ramifiée ; *c*. cellule parenchymateuse de l'écorce primaire (gross. 150 fois.)

ou bien que la plante a de grands besoins à satisfaire. Le Sapin produit d'innombrables radicelles latérales qui, en général, ne tardent pas à mourir, mais qui sont remplacées par d'autres qui poussent sur de nouvelles racines persistantes : cet arbre semble donc parer au manque de poils radicaux par la masse de ses radicelles absorbantes. Les *Orobanche* et les *Monotropa* ne possèdent pas non plus de papilles ; il en est de même des racines aquatiques de la Ciguë vireuse (*Cicuta virosa*). L'observation comparée d'un assez grand nombre de plantes au point de vue qui nous occupe donnerait, sans aucun doute, d'intéressants résultats, mais on ne saurait recommander trop de circonspection dans cette étude.

Nous pouvons désormais, nous appuyant sur ce qui précède, poser en principe qu'un arbre n'absorbe de nourriture dans le sol que par les extrémités de sa racine qui ne sont pas encore recouvertes ni de liége ni d'écorce, et que la partie de cette racine plus ancienne et colorée en brun est tout-à-fait incapable de soutirer quoi que ce soit de la terre. (1)

La force de la spongiole dépend de la puissance de la racine, et cet organe, que Förster nommait un suçoir, ne diffère que par la grandeur des fibrilles latérales (Pl. I. Fig. 20 *d*.) Comme la zone génératrice est persistante et reste active chez les dicotylédones, leur racine peut produire des radicelles latérales persistantes, tandis que celle des monocotylédones et des cryptogames, dont la zone génératrice cesse bientôt d'être active, ne donne naissance à ses radicelles que pendant qu'elle est jeune encore.

Il faut pour la formation d'une nouvelle racine latérale, comme pour le développement de chaque bourgeon, la coïncidence d'un tissu de développement avec du système vasculaire. Le fort pivot d'un Noyer en germination présente sur une coupe transversale une zone génératrice dans laquelle les faisceaux vasculaires (en général au nombre de 4 ou 6) sont, comme dans l'Ortie, répartis à une certaine distance les uns des autres. Or, il ne se produit de racines latérales que vis-à-vis des faisceaux vasculaires (Fig. 122), et ceux-ci se dirigeant verticalement en bas, il en résulte que les racines latérales forment des séries rectilignes, en d'autres termes que ces radicelles sont rectisériées. Chez les monocotylédones et les cryptogames, les mêmes rapports

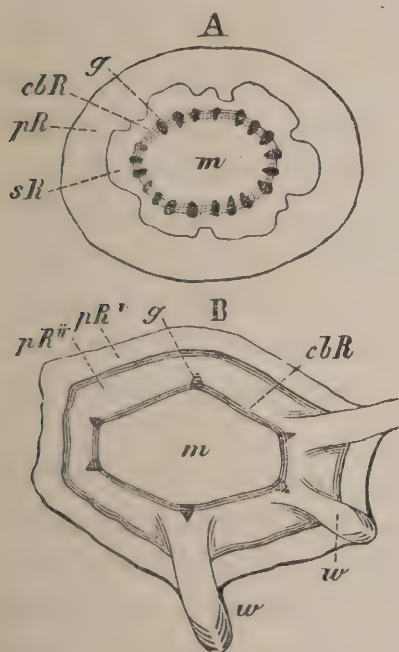
---

(1) Le nom de spongiole sert ordinairement à désigner cette partie de la racine douée de la faculté de puiser la sève dans le sol. (*Note du traducteur.*)

existent entre le système vasculaire et la formation des jeunes racines latérales.

Les arbres, dont les racines s'enfoncent à une certaine profondeur dans le sol et qui sont assolants, c'est-à-dire qui réclament pour leur développement naturel une certaine espèce de terre, prospèrent parfois beaucoup pendant leurs premières années de vie, et puis languissent tout-à-coup sans que rien semble, en apparence, changé dans leurs conditions vitales ; ou bien l'on est frappé d'un phénomène inverse : des arbres qui végétaient mal pendant plusieurs années consécutives se mettent subitement à croître avec force. Ces faits s'expliquent par la constitution du sol qui est l'unique cause de ces états de vigueur ou de misère. Ainsi, par exemple, si un sous-sol défavorable à un arbre repose sous un terrain qui peut lui convenir, l'arbre restera sain pendant sa jeunesse, mais il deviendra maladif sitôt que ses racines auront atteint ce sous-sol. Si, au contraire, le sous-sol est bon et la couche supérieure mauvaise, l'arbre languira d'abord, mais il reprendra son essor dès que ses racines pénétreront dans la couche de bonne terre. La constitution et la situation de la couche profonde du sous-sol sont d'une grande importance pour le Sapin, par exemple, et pour tous les arbres dont les racines deviennent profondes : les arbres à racines horizontales, au contraire, tels que l'Epicéa et le Peuplier, sont en relations plus intimes avec le sol supérieur. Les mêmes principes s'appliquent d'ailleurs à tous les végétaux en général ; ainsi la Betterave, par exemple, dont le pivot atteint parfois une profondeur de dix pieds, éprouve un véritable besoin d'un bon sous-sol et c'est une de ces plantes pour laquelle une culture profonde est indispensable.

Fig. 122.



On détruit, en général, beaucoup de spongioles lorsqu'on trans–

Fig. 122. *Juglans regia*. *A*. Coupe transversale de la tige d'une jeune plante en germination; *pR*. écorce primaire ; *sR*. écorce secondaire ; *cbR*. anneau de cambium ; *g*. faisceau vasculaire; *m*. moëlle. *B*. Coupe transversale du pivot de la même plantule. L'écorce primaire se divise en deux parties *pR*. I. et *pR*. II. Les racines latérales (*w*) se forment exclusivement où se trouvent les faisceaux vasculaires (gross. 5 fois).

plante un jeune arbre pendant l'époque de sa végétation ; de plus, si on ne le transporte pas très-vite à la fosse qui lui est destinée, la plupart des jeunes racines qui auront échappé à la déplantation périssent en se desséchant. Dans ces conditions un arbre ne pourrait pas résister à cette opération et recommencer à croître si les parties qui restent de sa racine ne possédaient pas la faculté d'émettre de nouvelles spongioles, c'est-à-dire de développer de nouvelles racines latérales. Cette faculté varie d'ailleurs d'une espèce à l'autre. Mais au commencement du printemps ou à la fin de l'automne, on peut impunément déraciner un jeune arbre forestier ou une variété fruitière, laisser sa racine exposée à l'air pendant plusieurs jours et l'expédier à de grandes distances ; replanté, il recommence à pousser dans son nouveau sol d'adoption quand le moment en est venu. Cette différence dans la manière de se comporter suivant les saisons provient de ce que les spongioles sont inactives en automne et en hiver, parce que leur épiderme s'est desséché ou recouvert de liége : elles reprennent une nouvelle vie au printemps, et cela, en général, bien plus tôt que les bourgeons caulinaires ; lorsque ceux-ci s'éveillent la transplantation devient dangereuse, du moins si l'opération n'est pas conduite avec soin, et ces dangers augmentent encore quand les bourgeons se sont ouverts et que les jeunes pousses déployées évaporent par la surface de leurs jeunes feuilles (1). On peut conclure de là, avec Pfeil, que l'époque naturelle de la transplantation des arbres est celle qui précède l'ouverture des bourgeons. Pendant cette période l'enveloppe des cellules mortes ou desséchées de l'ancienne écorce qui empêche l'absorption des sucs de la terre, arrête ainsi l'évaporation et agit par conséquent comme une couche épaisse d'écorce.

Le dommage causé aux spongioles pendant la transplantation est beaucoup plus préjudiciable au Pin qu'au Sapin, parce que la première de ces essences renouvelle avec peine ses fibrilles radicales : celles-ci se forment difficilement sous l'écorce rude qui recouvre ses anciennes racines.

Il résulte de ce que nous venons de voir qu'il n'y a que les jeunes extrémités des racines qui absorbent la nourriture terrestre et que leur épiderme recouvert de papilles devient inactif au fur et à mesure

(1) Lorsqu'à Madère on veut multiplier le Pommier de Canelle (*Anona squamosa*) au moyen de boutures, on a soin d'enlever les feuilles, et grâce à cette précaution, on hâte la formation des racines, tandis que si on la négligeait, les boutures se dessécheraient. La même chose se pratique d'ailleurs pendant la transplantation de nos arbres.

que la spongiole continue sa croissance. La partie de la racine destinée à puiser dans le sol continue sans cesse à s'avancer et vient ainsi se mettre en contact avec la terre vierge. On s'explique donc comment la plante peut enlever au sol des quantités notables de substances qui ne s'y trouvent qu'en fort minime proportion. Les spongioles s'avancent continuellement, mais ne s'arrêtent-elles pas complaisamment quand le hasard les conduit dans un milieu où la nourriture est abondante et convenable? Ne conservent-elles pas dans de pareils endroits, pendant fort longtemps leur activité, et la formation de matière subéreuse sur leur écorce ne vient-elle pas mettre fin à leur pouvoir absorbant seulement quand elles ne trouvent plus rien à prendre? Ce sont là des questions auxquelles il serait présomptueux de prétendre répondre. Il est également difficile de déterminer si la piléorhize est un organe entièrement inactif pendant la succion des éléments nutritifs et si elle ne sert qu'à protéger le cône de végétation. En effet, on peut démontrer avec certitude que pendant qu'elle meurt par l'extérieur elle est incessamment reformée du côté intérieur au moyen du cône végétatif; lorsque la spongiole continue à croître pendant longtemps, une série longitudinale et centrale de cellules parenchymateuses régulières la relie au cône végétatif, et il n'est pas rare que ces cellules soient remplies de matière amylacée qui manque aux couches de cellules latérales et caduques (Fig. 119 et 120). Il est également douteux pour moi si la couche subéreuse superficielle ne fait qu'empêcher la restitution du fluide absorbé par la spongiole ou si par sa constitution poreuse elle contribue à la condensation des gaz contenus dans le sol et les abandonne au tissu actif de l'écorce.

La piléorhize est un organe d'une grande efficacité pour protéger le cône végétatif contre la résistance que le sol oppose aux racines qui pénètrent dans son intérieur; cependant on la trouve aussi là où il n'y a pas de pareille résistance à vaincre, par exemple sur les racines aériennes des Orchidées et les racines aquatiques des Lentilles d'eau. C'est même chez ces dernières plantes qu'elles ont été découvertes pour la première fois; on les considérait alors comme une particularité de ces végétaux, tandis que dans l'état actuel de nos connaissances, nous savons qu'elles existent partout et que l'on doit leur reconnaître l'importance d'un caractère général de la racine (1). Elles

(1) L'existence générale de la piléorhize sur toutes les racines a été signalée pour la première fois par H. Karsten, en 1847, dans son ouvrage intitulé: *Vegetationsorgane der Palmen*, p. 115.

sont particulièrement remarquables sur les fortes racines aériennes du *Pandanus odoratissimus* dont la piléorhize est fort développée et se présente, quand la racine succulente s'est contractée par la dessication, sous la forme d'une calotte irrégulièrement feuilletée entourant les pointes des racines (Fig. 117). Les Conifères sont également fort intéressants par le remarquable développement de leur piléorhize (Fig. 11 et 119).

La formation du *Velamen* (*Wurzelhülle*) des Orchidées peut être rapportée à cette particularité, dont nous avons parlé, de l'écorce de la racine de mourir dans ses parties extérieures ; il se retrouve, par conséquent, à un degré plus ou moins notable chez toutes les racines, et il ne se distingue chez les Orchidées que par les bandes spirales et d'autres formes élégantes d'épaississement qu'on observe dans ses cellules. Il meurt, en général, de bonne heure comme l'écorce superficielle de toute racine.

Les prétendus Champignons radicaux (*Wurzelschwâmmchen*) et les excrétions attribuées aux racines sont deux faits dont il a été autrefois beaucoup parlé, mais qui ont été également mal compris. C'est la partie déjà morte de la piléorhize, de même que les cellules corticales desséchées que les racines adventives soulèvent parfois avec elles quand elles percent l'écorce, que l'on avait prises pour des Champignons et auxquelles on attribuait le pouvoir d'absorber à leur profit l'humidité du sol. Quant aux excrétions radicales, elles auraient, dit-on, le pouvoir de modifier la composition de la terre et de la rendre ainsi impropre à la végétation de la même plante qui naturellement ne pourrait pas croître dans ses excrétions ; nous croyons, au contraire, que la racine ne peut nuire au sol autrement qu'en lui enlevant des substances solubles. Cependant il reste inévitablement dans le sol, après la moisson, des quantités assez considérables de racines qui en se décomposant peuvent avoir peut-être une influence défavorable sur certaines cultures, bien qu'il faille reconnaître que cette décomposition ne peut, en général, que contribuer à augmenter la quantité d'humus contenue dans la terre : c'est d'ailleurs à ce fait qu'il faut attribuer l'action si efficace des engrais verts. D'un autre côté, la racine, en vertu de son organisation anatomique, ne saurait guère excréter que des quantités très-faibles de matière ; son écorce meurt très-rapidement et en se subérifiant constitue un obstacle insurmontable à l'excrétion comme à l'absorption. Boussingault et d'autres ont démontré ce fait par l'analyse chimique.

On voit que le pouvoir sélectif des racines varie d'une plante à l'autre et que telle espèce absorbe d'autres matières solubles que telle autre : si la spongiole restait immobile à la même place elle laisserait bientôt la plante en défaut de nourriture. De là résulte cette loi élémentaire en agronomie qu'un champ qui aura donné du blé pendant plusieurs années de suite devra être au moins une fois ensemensé avec une autre récolte. Pour que la Betterave soit bien riche en matière saccharine elle ne doit revenir que tous les trois ou quatre ans. La théorie des assolements en agriculture repose entièrement sur ces principes et elle exige la connaissance de ce que chaque espèce demande, ce qu'elle enlève au sol et comment ce que celui-ci a perdu doit lui être restitué. Relativement à ce dernier point l'engrais constitue le meilleur élément réparateur puisqu'il développe par sa décomposition les divers composés qui jouent les rôles les plus importants dans la nutrition végétale. La forêt s'engraisse d'elle même par la chute de ses feuilles et au moyen des mousses qui se développent sur le sol à la faveur de son humidité. Aussi ne permet-on jamais dans une forêt dont l'économie est tant soit peu bien réglée, l'enlèvement des feuilles ni de la mousse. On reconnaît, en général, les bois communaux où les lois forestières sont exécutées avec mollesse et où l'enlèvement des feuilles ou de la mousse est moins strictement défendu, à la mauvaise croissance et à la faiblesse des arbres, et ils contrastent avec les propriétés voisines où le feuillage tombé éprouve une décomposition naturelle. Une forêt dont les coupes sont fort espacées n'a pas besoin d'emménagement.

La racine des dicotylédones croît, comme la tige, chaque année en épaisseur au moyen de cercles annuels ; son bois est en général formé de couches ligneuses plus larges et contenant plus de bois de printemps que celui du tronc, et, ses cellules ayant plus de largeur que celles du système ligneux caulinaire, il est en général beaucoup plus léger que ce dernier ; il donne un charbon plus poreux, qui brûle avec pétulance, mais ne vaut pas comme pouvoir calorifique le charbon plus compact du tronc. Le bois de la racine du Pin est fort riche en résine. Pour la fabrication de la poudre, où il faut un charbon poreux, le bois de la racine du Tilleul et de la Bourdaine seraient à ce point de vue préférable au bois du tronc des mêmes arbres.

Les conduits à résine, qui chez beaucoup de Conifères traversent le système ligneux, se prolongent également dans l'axe descendant ; ceux qui n'en produisent pas dans leur bois n'en renferment pas non

plus dans la racine, et cependant celle-ci est, en général, beaucoup plus riche en résine que la tige. Le bois de la racine de Mélèze a une coloration jaunâtre. Les jeunes racines latérales du Sapin présentent dans leur moëlle des amas de résine qui ne se trouvent pas dans les rameaux.

La grande largeur des fibres ligneuses de la racine, formées au printemps et en été, permet, chez les Conifères, l'existence de plusieurs rangées de ponctuations. L'*Araucaria* lui-même ne fait pas exception : il possède dans sa racine des cellules munies de plusieurs séries de ponctuations, tandis que dans le tronc il ne présente comme tous les autres Conifères, que des fibres étroites portant une seule ligne de ponctuations (fig. 76). Ce fait permet de douter de la présence des Araucarias fossiles dans nos lignites, car il est plus que probable que l'on a pris pour eux du bois de la racine de quelque autre Conifère. Le bois d'Araucaria est cependant facile à connaître et ne peut être alors confondu avec un autre; il est caractérisé notamment par l'absence des cercles annuels et des conduits à résine (*Araucaria brasiliensis*). (Voyez le chapitre suivant.)

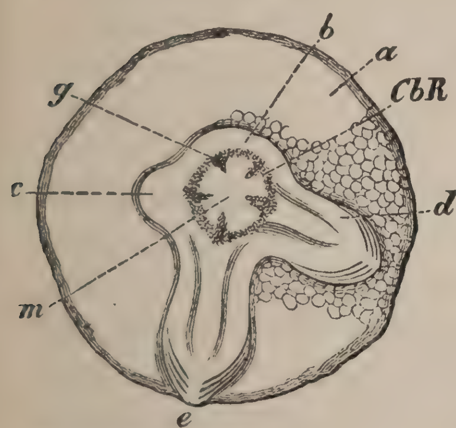
L'écorce de la racine se comporte, en général, comme celle du tronc; cependant certaines différences se présentent. Les réservoirs à résine, qui, chez le Sapin, l'Epicéa et le Pin, ne se forment que dans la partie primitive de l'écorce, manquent dans la racine, parce que cette partie de l'écorce meurt de bonne heure; chez le Mélèze, au contraire, on trouve dans la racine de petites cavités résinifères. Le liber est chez certains arbres, le Hêtre par exemple, plus fortement développé dans la racine que dans le tronc; chez le Hêtre et le Sapin, l'écorce de la racine reste lisse et il ne se produit pas d'écorce crevassée (*Borke*); chez l'Epicéa, le Pin et le Mélèze, au contraire, l'écorce s'écaille comme celle du tronc; la racine du Bouleau est recouverte du même périderme (*Lederkork*) que le tronc. Chez l'*Euphorbia canariensis*, dont la tige conserve pendant de longues années son écorce verte, la racine, puissante et étendue, s'entoure d'une épaisse enveloppe subéreuse (*Korkhülle*) brune et feuilletée; celle de l'*Opuntia ficus indica*, plante dont l'épiderme est vert pendant longtemps, se recouvre de périderme. Ces modifications dans la structure de l'écorce radicale ne sont pas sans importance physiologique : les partitions de la racine du Sapin, par exemple, dont l'écorce conserve longtemps sa vitalité même à la surface, conservent jusqu'à un âge fort avancé la faculté d'émettre des bourgeons rhizogènes; chez le Pin, au con-

traire, la formation de ces bourgeons est limitée aux parties jeunes de la racine, non encore recouvertes d'une rude écorce.

On retrouve dans le tissu cellulaire cortical de la racine à peu près les mêmes matières que celles que l'on rencontre dans les cellules correspondantes du tronc; ces matières s'y trouvent même, en général, en plus grande quantité que dans la tige. Il en est autrement de la chlorophylle; cette substance qui remplit presque toujours la partie active de l'écorce des jeunes tiges, manque d'habitude dans la racine. L'écorce de la racine est d'une coloration rougeâtre à l'état frais chez le Sapin, tandis que sur le tronc elle paraît d'un jaune blanchâtre ; quant aux cellules ramifiées de liber, qui sont particulières à cet arbre, elles se trouvent aussi bien dans le tronc que dans la racine. En général, toutes les cellules de l'écorce radicale sont plus longues que celles du tronc.

La formation d'une nouvelle racine dans la zone génératrice d'une tige ou d'un axe descendant débute, comme on peut le voir par des coupes longitudinale ou transversale, par un petit cône cellulaire dont la base repose sur la zone génératrice. Ce cône ne se distingue pas dans l'origine de celui d'un bourgeon caulinaire, mais peu de temps après il se fait reconnaître pour un bourgeon rhizogène par la formation de quelques couches cellulaires sur son cône végétatif (Fig. 123). Elles sont la première ébauche de la piléorhize, qui existe, par conséquent, avant même que la jeune racine émerge de l'écorce. Pendant qu'il est renfermé dans celle-ci, le bourgeon rhizogène se nourrit au moyen du contenu des cellules qui l'avoisinent et qui se dessèchent petit-à-petit à l'entour de lui. La jeune racine possède une zone génératrice avant même qu'elle abandonne l'écorce, et les faisceaux vasculaires naissent bientôt après; ils proviennent de la zone génératrice de la tige ou de la racine-mère.

Fig. 123.



On voit, sur les coupes transversales et longitudinales de vieilles racines ramifiées, à côté des jeunes ramifications qui sortent de la zone génératrice, d'autres racines latérales qui semblent prendre nais-

Fig. 123. Coupe horizontale à travers une jeune racine d'*Alnus glutinosa*: *a.* partie externe de l'écorce primaire ; *CbR.* anneau de cambium ; *c, d* et *e.* jeunes racines latérales, qui se trouvent en regard des faisceaux vasculaires (*g*) (gross. 40 fois).

sance les unes dans l'épaisseur du cylindre ligneux, les autres sur l'étui médullaire lui-même. Cette diversité apparente d'origine s'explique par le mode d'accroissement du système ligneux, que nous connaissons. L'étui médullaire est la partie la plus ancienne du bois, de sorte que les racines latérales qui en sortent sont nécessairement plus âgées que celles qui tirent leur origine de l'intérieur du bois; et quant à celles qui sont simplement appliquées contre la zone génératrice, elles sont les plus récentes. La même chose est vraie pour toute branche provenant d'un bourgeon adventif; plus elle s'enfonce près de la moëlle, plus elle est âgée ; mais il en est autrement d'un rameau issu d'un bourgeon axillaire proprement dit, dont on peut toujours suivre la trace à travers le bois jusqu'à l'étui médullaire. — Chez la Betterave la formation des nouvelles racines latérales paraît dépendre toujours du cercle central, ou le plus intérieur, du système vasculaire; chez cette plante, les racines latérales, dont l'ordre d'insertion est distique, se trouvent toujours en rapport avec le centre; il est probable que la même chose doit se reproduire chez d'autres Chénopodiacées, vu que toutes, mêmes celles qui sont arborescentes, ont dans leur tige la même structure que la rave.

Règle générale, un bourgeon rhizogène peut, comme tout bourgeon caulinaire adventif, apparaître en un point quelconque de la zone génératrice, tant sur l'axe ascendant que sur l'axe descendant, mais la constitution particulière de l'écorce favorise son apparition ou s'y oppose plus ou moins.

La multiplication des racines au moyen de la partition du cône végétatif est un phénomène aussi rare que celui de la partition de l'axe ascendant (1). C'est par une division de l'extrémité radicale que se ramifient les tubercules lobés ou divisés des Orchis (*Orchis latifolia, Habenaria, Gymnadenia*) (Fig. 124), les renflements tuberculiformes des très-jeunes Aunes (Fig. 125), de même que les racines aériennes si remarquables et si singulières des Cycadées et surtout du *Laurus canariensis* où elles atteignent quatre à cinq pouces de longueur, se ramifient comme un bois de cerf et meurent dans la saison sèche pour reparaître avec le retour des pluies. Les tubérosités radicales de l'Aune qui se développent successivement sous forme de petits renflements et que l'on trouve (du moins dans la vallée de Schwarza) sur

(1) D'après M. Clos (*Soc. bot. de France*, 1860), la partition de la tige ne serait pas aussi exceptionnelle que la plupart des auteurs le supposent (*Note du traducteur.*)

presque tous les plants, proviennent de bourgeons rhizogènes incapables de produire une véritable racine ; elles atteignent quelquefois le volume d'une grosse noix ou même d'une petite pomme et se développent de préférence lorsque la racine croît dans une terre argileuse. Certaines légumineuses, par exemple les lupins et les trèfles, possèdent aussi des excroissances tuberculeuses sur leurs racines, et qui se forment de la même manière que les racines épigées des Cyca-

Fig. 124.

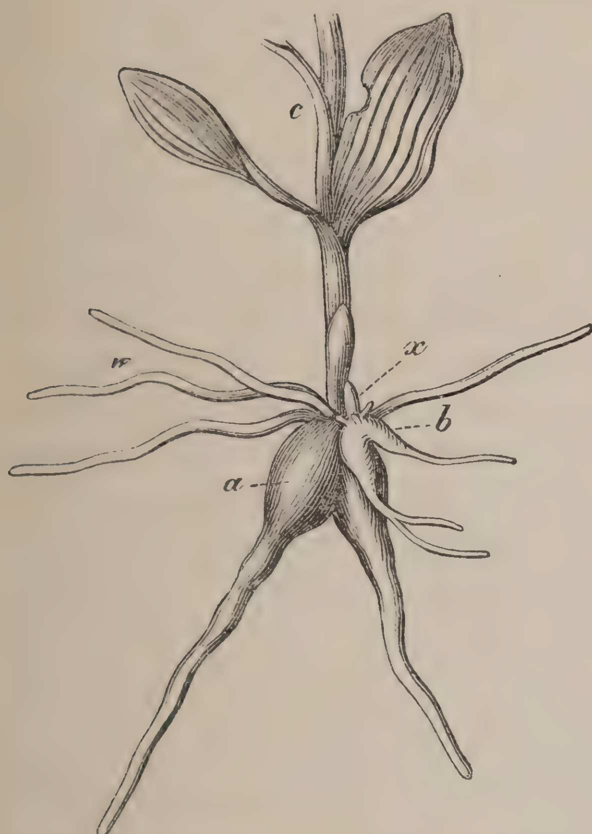
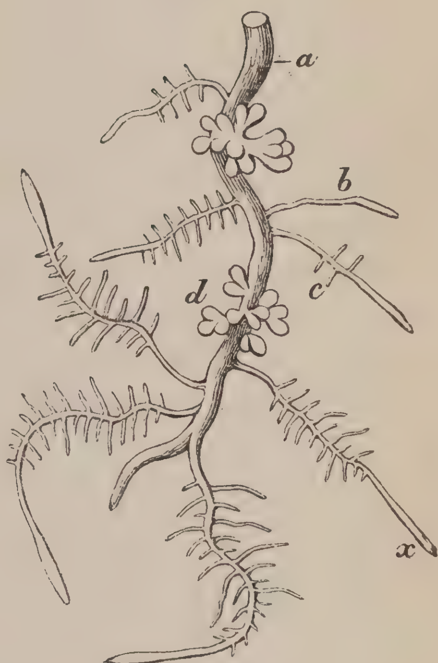


Fig. 125.



dées. Le *Ceratozomia muricata* présente de longues racines, peu ramifiées, portant sur les côtés des séries de ramifications latérales courtes et étoilées ; chez le *Ceratozomia mexicana*, elles ont la forme de grappes et chez le *Cycas circinalis*, leur cône végétatif se divise en trois élévations mamelonnées, de sorte que l'extrémité d'une de ces racines res-

Fig. 124. Tubérosités de l'*Habenaria viridis* : *a*. le vieux tubercule qui a produit la hampe (*c*); *b*. le jeune tubercule destiné à l'année suivante ; *x*. son bourgeon ; *w*. racines adventives qui naissent toujours au-dessus du tubercule.

Fig. 125. Pivot d'un jeune Aune (*Alnus glutinosa*) de deux ans : *a*. le pivot dont la pointe est déjà atrophiée ; *b*. racines latérales ou de second ordre; *c*. racines de troisième ordre : *d*. ramifications radicales tuberculisées, qui se montrent sur de jeunes Aunes de quelques mois et caractérisent aussi beaucoup de Légumineuses ; *x*. extrémité radicale avec sa piléorhize. (Pl. IV. Fig. 33.)

semble souvent à une framboise. Ces diverses productions dont nous venons de parler, se forment de la manière la plus normale sur la zone génératrice de la racine, mais leur cône végétatif se divise dès qu'elles ont traversé l'écorce et leur forme résulte du système particulier de division.

La formation des racines est souvent provoquée par les circonstances extérieures : les boutures de Canne-à-sucre, par exemple, et celles d'autres Graminées émettent une foule de racines près de leurs nœuds quand ils sont enterrés et jamais près de ceux qui sont hors de terre : la Ciguë aquatique est dans le même cas ; elle pousse beaucoup de racines adventives sur ses nœuds, aussi longtemps qu'elle vit dans l'eau. Les plançons de Saule et du Peuplier s'enracinent avec une extrême facilité, et des Cactées, des Pandaniers et des Bananiers forment leurs racines même dans l'air et les envoient s'enfoncer dans le sol.

Mais ce qui est vrai d'une plante n'est pas nécessairement vrai pour toutes les autres; toutes, par exemple, ne produisent pas des racines adventives avec une pareille facilité. Ainsi la plupart des Pins, sauf ceux des Canaries et d'Amérique, étant privés de la faculté d'émettre des bourgeons adventifs caulinaires ou rhizogènes, sur la tige comme sur la racine, ne peuvent guère être multipliés par boutures. Ces arbres ne sont pas scionneux mais sont au contraire tous égrains. D'autres végétaux, au contraire, tels que le Peuplier, le Saule, les Rosiers, le Gommier, les Bégonias se propagent très-aisément par boutures. L'expérience pratique des forestiers, des cultivateurs et des jardiniers en apprend plus que la théorie sous ce rapport.

De même que la tige a, en général, le pouvoir de produire un bourgeon rhizogène qui en se développant produit une racine, de même la racine possède aussi la faculté d'émettre des bourgeons caulinaires dont l'évolution donne naissance à des rameaux susceptibles de se modifier en forme de tige. Les rejetons du Tremble, qui se développent assez souvent comme des branches gourmandes sur la racine, sont une preuve de la vérité de cette assertion ; d'ailleurs le Charme, le Frêne, le Peuplier et le Saule ne sont pas moins scionneux. La faculté de produire facilement des bourgeons caulinaires adventifs paraît être souvent corrélative d'une grande facilité à donner des rejetons sur les racines.

L'action de l'air sur les racines semble favoriser souvent l'apparition des rejetons, tandis que les racines enterrées à une certaine profondeur produisent rarement des bourgeons caulinaires. L'effet d'une

blessure sur l'écorce de la racine paraît être le même : ainsi l'on voit par exemple des racines de Bouleau, écrasées par une roue ou endommagées par les piétons, produire une branche, bien que dans l'état de choses ordinaires cette racine n'en produirait pas ; ce fait s'explique d'ailleurs par le surcroît d'activité dans l'écorce de la partie meurtrie ; toute blessure dans l'écorce est en général plus favorable à la formation de bourgeons que l'écorce qui n'a pas été endommagée. Sur le Peuplier et le Marronnier il se forme, lorsqu'une branche a été enlevée, des renflements ordinairement chargés de bourgeons adventifs (Fig. 93) ; il en est parfois de même chez le Sapin : souvent les blessures des arbres s'entourent d'un bourrelet (*saumauge*). Jamais une racine ne peut devenir une tige, ni réciproquement une tige ne saurait se transformer en racine. L'histoire de ces arbres retournés sens dessus-dessous dont la cime serait devenue racine et dont la racine aurait verdoyé, doit s'expliquer par ce fait que des bourgeons rhizogènes se sont formés sur les branches et des bourgeons caulinaires sur les racines, ce qui peut rétablir l'état de choses normal. Une bulbe de Jacinthe renversée émet son inflorescence dans l'eau.

Le tubercule d'un *Orchis* naît d'un bourgeon rhizogène qui, à peine ébauché, forme au-dessus de lui un bourgeon caulinaire : bourgeons caulinaire et rhizogène se réunissent ici pour produire un renflement tuberculeux. Celui-ci consiste, à la partie supérieure, en un cône végétatif caulinaire entouré des rudiments des feuilles, et à la partie inférieure en un cône végétatif rhizogène entouré d'une piléorhize d'ailleurs assez faible : ces deux parties constituantes sont directement reliées ensemble par le système vasculaire (Fig. 69).

Il est probable que la ramification de la racine se fait, pour chaque espèce d'arbre, suivant un plan et une symétrie plus ou moins constants endéans de certaines limites, mais nous ne connaissons rien ou presque rien sur ce sujet. Les petites racines latérales du Sapin sont distiques. (1)

Le rhizome qui est une tige rampante croissant sous terre et portant des feuilles squammiformes, a été souvent confondu avec la racine ; mais il se distingue de cet organe par ses feuilles ou par les cicatrices qu'elles laissent après leur disparition. Les prétendues

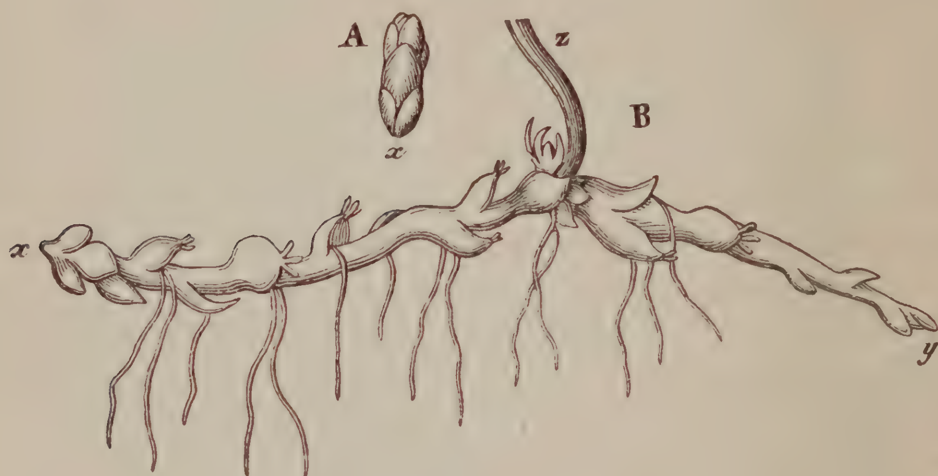
---

(1) Sachs a écrit dernièrement sur l'insertion régulière des racines chez les plantes herbacées : comme nous l'avons déjà vu pour la plantule de Noyer et pour la Betterave, la division, le cours et la valeur des faisceaux vasculaires du pivot sont les causes déterminantes du problème.

racines de Gingembre (*Zingiber officinale*) et de Jonc odorant (*Acorus calamus*) des pharmacies ne sont nullement des racines, mais des tiges qui rampent sous terre. Les tubercules de Pomme-de-terre qui se développent sur des pousses latérales sont également des productions caulinaires hypogées, et les bulbilles qui se forment à l'aisselle des feuilles du *Dentaria bulbifera* donnent encore naissance à un rhizome dont les bourgeons axillaires produisent des pédoncules floraux (Fig. 126).

Le cône végétatif de la racine n'émettant pas de feuilles, ne saurait

Fig. 126.



se fermer par des écailles, mais la pointe radicale devient toutefois, comme le cône de végétation d'un bourgeon caulinaire, inactif à un certain moment ; elle se ferme alors au moyen de sa piléorhize et de son écorce propre. L'extrémité des racines ne continue pas à croître en hiver et pendant cette saison elle n'absorbe pas les fluides de la terre ; elle sommeille comme le reste de la plante jusqu'au printemps où elle est la première à se réveiller. Elle perd son activité beaucoup plus tard que les bourgeons de la tige et ne commence à se reposer en automne, par la subérification de son écorce superficielle, qu'après la cessation complète de la végétation. Il faut remarquer que la racine de tous les Conifères que j'ai étudiés montre, comme nous l'avons déjà dit, une notable prédominance de cellules ligneuses peu épaissies, tandis que dans la limite du cercle annuel les cellules épaissies

Fig. 126. *Dentaria bulbifera : A.* Une bulbille, située à l'aisselle d'une feuille. *B.* Rhizome ssu de cette bulbille ; *x.* la base d'un rhizome (*A. x.*) ; *y.* le bourgeon terminal ; *z.* Pousse épigée provenant d'un bourgeon axillaire du rhizome.

sont en nombre beaucoup moindre que dans la tige, et cette particularité de l'anatomie du bois de la racine est peut-être en rapport avec la prolongation de la croissance des extrémités radicales.

On observe dans quelques cas rares la transformation d'une racine adventive ou latérale en épine; un *Thrinax* par exemple, espèce de Palmier, émet sur son tronc des racines adventives spinescentes longues d'un ou de deux pouces et qui se ramifient au moyen de racines latérales de manière à ressembler aux épines de certaines légumineuses. Dans ce cas le cône végétatif se lignifie et la piléorhize se dessèche.

Le développement de la racine d'un arbre est, en général, subordonné à l'étendue de la cime, de sorte qu'un tronc chargé de fortes branches est ordinairement supporté par de puissantes racines. Lorsqu'un arbre se ramifie plus d'un côté que de l'autre, ce côté est aussi mieux enraciné et le cylindre ligneux est toujours plus épais de ce côté, que de celui qui correspond à moins de branches et de racines. La formation corticale est aussi en relation avec la formation ligneuse, de sorte que si le bois s'épaissit, l'écorce gagne en même temps en épaisseur.

Pour qu'une plante prospère, il faut que l'équilibre se maintienne entre la nourriture terrestre et celle qui vient de l'atmosphère, de sorte que, si le développement des racines est d'une faiblesse hors de proportion, l'arbre ne pourra pas former une belle couronne. De là vient que l'on doit tailler les branches, lorsque par la transplantation, on a privé l'arbre de beaucoup de ses racines, de manière à rétablir l'équilibre entre les deux extrémités du végétal. Lorsque la nature agit librement d'elle-même, la formation raméenne et l'étendue des racines sont toujours dans un rapport convenable.

Un pivot profond donne à l'arbre une assiette stable ; le vieux Sapin brave l'ouragan le plus furieux. Des racines latérales courant superficiellement sans racines pivotantes ne peuvent, au contraire, donner beaucoup de sûreté à une haute tige : l'Epicea et le Peuplier sont facilement renversés par l'orage, et dans les forêts de Bouleaux de la Russie beaucoup d'arbres sont encroués à la suite des coups de vent. Les Palmiers à haute tige (*Phœnix, Lodoicea, Attalea,* etc.) s'enfoncent profondément en terre dès leur germination, tandis que ceux dont le tronc reste court (*Chamaedorea*), germent à la surface du sol.

C'est à peine si l'on connaît pour une seule plante la profondeur moyenne que les racines atteignent, question difficile à résoudre, d'ail-

leurs, à cause des nombreuses variations que la station et la nature du sol doivent produire. Il est toutefois certain qu'elles s'enfoncent à une profondeur beaucoup plus grande qu'on ne le croit communément ; en général, on laisse passer inaperçues de longues radicelles déliées, qui ne sont pas souvent plus grosses qu'un fil et qui s'étendent précisément à la plus grande distance ; même chez des végétaux herbacés, le blé, par exemple, elles atteignent une longueur de plusieurs pieds. Le pivot de la Betterave se termine en une racine filiforme, délicatement ramifiée et qui peut s'enfoncer à plus de dix pieds au-dessous de la surface du sol. La plupart de nos arbres forestiers vont chercher leur nourriture enfouie beaucoup plus bas encore.

Les plantes et les animaux savent se plier aux nécessités de la vie.



Espe

Tremble

VII.

Le bois et l'écorce des arbres.

Les différents bois employés dans les arts, les manufactures et l'industrie se distinguent par une foule de caractères particuliers : de sorte qu'il n'est pas indifférent de prendre l'un pour l'autre et que chaque espèce est propre à certains usages. Il en est de même des écorces qui se distinguent souvent à leur aspect extérieur ; elles sont tantôt lisses, tantôt crevassées ou fendillées, toujours appropriées à certains usages techniques.

Les causes de ces différences fondamentales entre la plupart des bois et des écorces proviennent de leur structure anatomique et de leur constitution chimique ; il importe donc, pour les apprécier en connaissance de cause, d'étudier la formation de ces deux importants tissus végétaux et de rechercher quelle est, en général, la composition de l'un et de l'autre.

Le bois des arbres dicotylédonés représente toujours la partie ligneuse du système vasculaire, et il se forme au moyen de son cambium propre. Les premiers vaisseaux vasculaires d'une plantule ou d'une jeune pousse naissent dans la zone génératrice au moyen du cambium qui s'y trouve, et cela de telle sorte qu'il reste toujours de cet élément plastique pour l'avenir. Pendant la germination, comme pendant l'évolution des bourgeons, ce sont les vaisseaux déroulables ou annulaires qui se montrent en premier lieu ; ils sont placés du côté interne de la zone de cambium et bientôt après quelques fibres du liber se développent de l'autre côté. Dès lors le système vasculaire de l'axe est ébauché ; il s'agrandit sur ses deux faces en même temps qu'il continue à croître à l'intérieur. Les trachées et les fausses

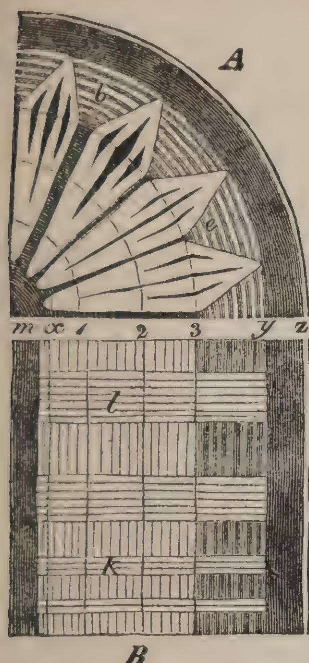
trachées cessent de se multiplier dès que la portion de tige où elles se trouvent cesse de s'allonger, et à partir de ce moment on voit apparaître, en dedans, des vaisseaux ponctués, des fibres ligneuses et du parenchyme ligneux (sauf chez les Conifères qui, ne renfermant jamais de vaisseaux, forment exclusivement des fibres et du tissu cellulaire), et en dehors, des fibres libérinnes, des tubes criblés (*siebröhre*) et du parenchyme libérin. Le cambium, qui pourvoit à la formation de ces deux parties du système vasculaire, se maintient entre-elles sous la forme d'une zone, composée d'un petit nombre de couches cellulaires (Fig. 15). La partie intérieure ou ligneuse et la partie extérieure ou libérine de chaque faisceau vasculaire se trouvent donc en face l'une de l'autre; elles croissent, au fur et à mesure de l'augmentation en diamètre de la tige ou de la branche, au moyen de leur cambium propre et elles se présentent, sur une coupe transversale, sous la forme de deux triangles isocèles qui se touchent par leurs bases dans le cambium (Fig. 74 et 24). L'ensemble de ces faisceaux vasculaires constitue dès leur naissance, chez nos arbres dicotylédonés, un cercle autour de la moëlle centrale, et ils sont séparés l'un de l'autre par du tissu cellulaire; ils continuent à croître sous cette forme circulaire dans le sein de la zone génératrice et ce au moyen du cambium qui fait partie intégrante de chaque faisceau. Il résulte de ce mode de formation une distinction bien nette entre les deux parties du système vasculaire ; l'une constitue le bois, elle se compose des éléments ligneux et se trouve à l'intérieur de la zone génératrice; l'autre est située à l'extérieur de cette zone, elle renferme les éléments du liber et elle constitue l'écorce secondaire que l'on doit distinguer de l'écorce primaire, placée à l'extérieur et engendrée sans la coopération des faisceaux vasculaires ni de la zone génératrice. D'un autre côté, le parenchyme, qui sépare latéralement l'un de l'autre chaque groupe fibro-vasculaire, forme les rayons médullaires primitifs qui, sur une coupe transversale, s'étendent sous forme de rayons depuis la moëlle jusqu'à l'écorce primaire. Il se produit en outre, à l'intérieur des faisceaux vasculaires primitifs, une fissuration latérale dont les interstices deviennent, en se remplissant de tissu cellulaire, les rayons médullaires secondaires (1).

---

(1) La fissuration des faisceaux vasculaires primaires, qui donne lieu à la formation des rayons médullaires de second ordre, provient de ce que une ou plusieurs cellules verticales de cambium se divisent horizontalement et forment ainsi les premières cellules-mères d'un nou-

Chez la plupart des plantes ligneuses, les cellules des rayons médullaires, tant de ceux du premier que de ceux du second ordre, s'épaississent et se lignifient pendant leur parcours dans l'intérieur du cylindre ligneux, de manière à faire partie intégrante du bois; dans l'écorce, au contraire, elles restent, la plupart du temps, avec des parois minces qui ne s'incrustent pas (Fig. 127).

Fig. 127.



Le cours des rayons médullaires n'est pas, comme on pourrait le supposer d'après une coupe transversale, parallèle à travers toute la longueur du tronc, mais ils forment plutôt des plans cellulaires, de longueur et d'épaisseur variables, interposés entre les cellules allongées verticalement qui constituent les zones ligneuses : cette structure ressort clairement d'une coupe longitudinale tangentielle (Fig. 127 bis). Les cellules de ces rayons sont, en général, dirigées horizontalement et, par conséquent, en sens inverse de celles dont se compose la partie fibro-vasculaire du bois.

La plupart des arbres sont pourvus de rayons médullaires d'une seule espèce, tandis que d'autres présentent l'un à côté de l'autre des rayons larges et des rayons plus étroits. Lorsqu'ils sont larges et courts, les fibres et les vaisseaux du bois se contournent, en

Fig. 127. Coupes systématiques, l'une transversale, l'autre longitudinale, dans le plan d'un rayon, à travers une branche d'un arbre dicotylédoné et rapportées à une échelle d'un simple grossissement à la loupe. Sur la coupe transversale *A* on voit à gauche de larges rayons médullaires de premier et de second ordre (*b*), tandis qu'à droite on a dessiné des rayons étroits (*e*). Sur la coupe longitudinale *B*, au contraire, on a figuré, à la partie supérieure, de longs rayons médullaires (*l*), et à la partie inférieure des rayons courts (*k*) consistant en un petit nombre de couches cellulaires superposées : *m*. représente de part et d'autre la moëlle ; *x*. l'origine des faisceaux vasculaires qui sont interrompus d'une part par les formations annuelles, et d'autre part par les rayons médullaires; 1, 2 et 3 sont trois couches annuelles et concentriques de bois ; en 3 se trouve le cambium ou zone génératrice ; de 3 à *y* l'écorce secondaire ; de *y* à *z* l'écorce primaire qui se termine par la couche de périderme *z*. Comparez la coupe transversale du Tilleul (Fig. 74).

---

veau rayon médullaire. L'apparition de nouveaux rayons médullaires ne peut donc se poursuivre que dans le cambium. Sur une coupe longitudinale et tangentielle à travers la couche de cambium, on constate en effet la même distinction que dans l'écorce et le bois complètement formé, entre les cellules de cambium allongées verticalement qui deviennent fibres ou vaisseaux, et les cellules plus courtes destinées à continuer la formation des rayons médullaires.

général, autour d'eux et prennent une direction curviligne, tandis que s'ils sont étroits et allongés le cours du bois n'est presque pas modifié (Fig. 128).

A l'exception des Conifères et des Cycadées, le bois de tous les arbres contient des vaisseaux ; les trachées ne se trouvent, en général, que dans l'étui médullaire, par conséquent à la partie intérieure et la première formée du faisceau vasculaire qui se prolonge sous le cône végétatif presque jusque dans la feuille. Ces trachées sont chez les Conifères et les Cycadées remplacées par des cellules allongées, épaissies en forme de spirale. Les vaisseaux, qui se forment plus tard et qui se trouvent dans les couches ligneuses, se composent toujours de cellules beaucoup plus courtes et sont ordinairement ponctués ; ils se développent beaucoup plus rarement en vaisseaux scalariformes.

Fig. 127 Bis.

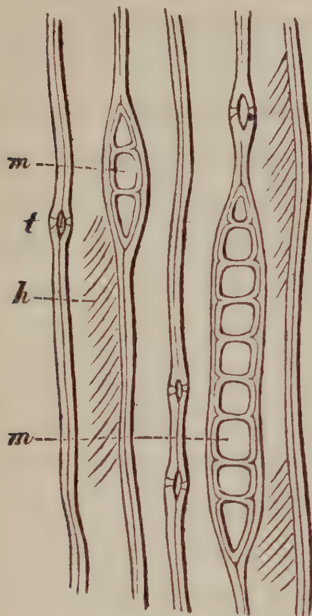
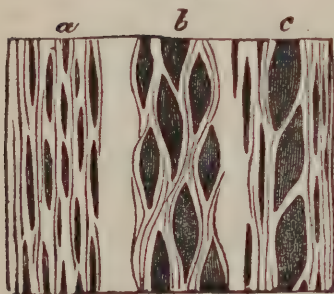


Fig. 128.



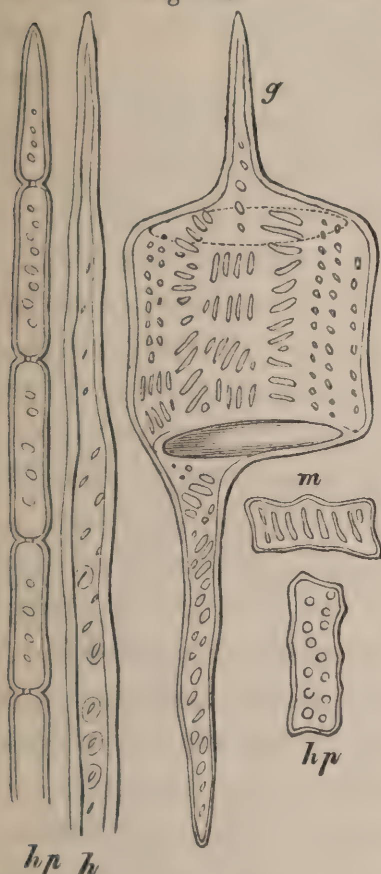
Le bois de presque tous les arbres à feuilles membraneuses contient, outre les fibres proprement dites et les vaisseaux, une autre espèce de cellules constituant le parenchyme ligneux : elles consistent en cellules plus courtes qui se forment, comme cellules-filles, dans l'intérieur d'une toute jeune fibre. Ce parenchyme ligneux contient en abondance, comme les rayons médullaires, des composés hydrocarbonés, par exemple de l'amidon, et il reste comme eux plein de sève pendant de longues années. Au lieu de ponctuations, ce parenchyme possède des pores. Après leur développement parfait, les fibres proprement dites et les vaisseaux ne contiennent pas de sucs : ceux-ci disparaissent en premier

Fig. 127 bis. Coupe longitudinale tangentielle à travers le bois du *Pinus picea : h.* cellule ligneuse ; *m.* rayon médullaire ; *t.* ponctuation (gross. 200 fois).

Fig. 128. Coupe idéale à travers différents bois, suivant une direction longitudinale et tangentielle pour mettre en lumière les rapports des éléments fibro-vasculaires du bois avec les rayons médullaires : *a.* rayons médullaires fort étroits comme chez les Conifères ; *b.* rayons médullaires fort larges comme chez les Lauriers et le bois d'Acajou (*Swietenia mahagoni*) ; *c.* rayons médullaires de deux sortes, les uns larges les autres minces, comme chez le Hêtre et le Chêne (gross. à la loupe).

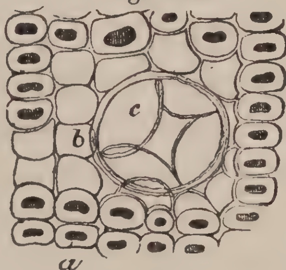
lieu hors des vaisseaux à la suite de la résorption de leurs parois transversales et ensuite des fibres ponctuées par la résorption des parois qui séparent les canaux des ponctuations (*Tupfelcanäle*) (voyez p. 23). Les fibres ou cellules ligneuses sont allongées, effilées aux deux bouts et, en général, ponctuées (Fig. 129). Lorsque au lieu de ponctuations elles possèdent des canaux poreux, dont le diaphragme n'est pas résorbé, elles restent plus longtemps pleines de sève et peuvent même dans ce cas élaborer des matières amylacées, comme, par exemple, chez le *Datura arborea* et le *Boehmeria rubra* où le parenchyme ligneux fait défaut.

Fig. 129.



Le bois de quelques Conifères est creusé de conduits résinifères verticaux et horizontaux; ce sont de vastes lacunes intercellulaires entourées de cellules qui non-seulement ne sont pas lignifiées, mais dont les parois sont restées délicates, et qui sécrètent de la résine dans la lacune (Fig. 130). Chez d'autres espèces la résine s'amasse dans l'intérieur des cellules du parenchyme ligneux.

Fig. 130.



Le cylindre ligneux s'accroît au moyen du cambium de ses faisceaux vasculaires situé dans la zone génératrice; cet accroissement a lieu soit d'une manière continue, soit d'une manière périodique. Quant à la performation du bois, elle varie d'après la manière dont l'arbre élabore sa sève. Le bois que nos arbres produisent au prin-

Fig. 129. Cellules isolées par la macération du bois de Moquilea (El Cauto): *g*. cellule vasculaire; *h*. cellule ligneuse; *hp*. parenchyme ligneux; *m*. cellule des rayons médullaires. Le mode d'épaississement de la cellule vasculaire varie d'après le genre d'épaississement des cellules limitrophes.

Fig. 130. Coupe transversale d'un conduit résinifère du bois de *Pinus sylvestris*: *a*. cellules ligneuses; *b*. cellules minces; *c*. cellules sécernantes proprement dites qui environnent la lacune.

temps est formé de cellules plus larges et plus faiblement épaissies que celles du bois produit en automne : tout accroissement cesse en hiver. Il en résulte qu'aux fibres minces et fortement épaissies de l'automne succèdent, au printemps suivant, d'autres fibres larges et faiblement incrustées. Ce fait est la cause en vertu de laquelle les anneaux annuels de bois se distinguent les uns des autres (Fig. 75) (1). On ne les observe pas lorsque la croissance s'opère sans interruption ; c'est au contraire chez les Conifères qu'ils sont le plus distincts.

L'écorce des arbres et même de toutes les plantes dicotylédonées en général, se compose, ainsi que nous l'avons vu plus haut, de deux parties qui diffèrent essentiellement par leur mode de formation : l'écorce primitive ou primaire existe déjà dans l'embryon et dans l'ébauche de la nouvelle pousse ; l'écorce secondaire, formée postérieurement, se développe au moyen de la zone génératrice avec laquelle se confond le cambium des faisceaux vasculaires (Fig. 127).

L'écorce primitive est d'abord entourée d'un épiderme : pour le reste elle se compose de tissu alimentaire ou parenchyme qui contient généralement de la chlorophylle ; les rayons médullaires ne la traversent pas, mais s'arrêtent à sa limite intérieure. Chez certains Conifères, cette écorce primaire contient des conduits résinifères verticaux qui, chez le Sapin, l'Epicea et le Mélèze, ont la même constitution que ceux de la feuille et qui, chez le Pin, possèdent un épiderme sécernant composé de deux plans de cellules (Fig. 18). Le Mélèze et l'Araucaria du Brésil présentent en outre, dans l'écorce secondaire, des méats résinifères isolés, sphériques ou cylindriques, et tous les Conifères qui sont pourvus de lacunes à résine disposées horizontalement dans les plus grands rayons médullaires en ont aussi dans l'écorce secondaire, observation qui a été faite la première fois par Hugo Mohl (2). Les

(1) L'examen superficiel d'une coupe transversale ne suffit pas pour faire conclure à la présence des cercles annuels. En effet, un certain arrangement en forme de bande du parenchyme ligneux peut produire des cercles concentriques qui ressemblent aux cercles annuels, en outre une coloration claire des fibres formées en dessous de ce parenchyme simulent aussi des cercles concentriques (*Araucaria brasiliensis*). Mais ces pseudo-couches concentriques sont rarement fermées et continues, caractère qui distingue les véritables zones annuelles. Le microscope peut seul, dans les cas douteux, trancher la question de savoir si le bois est formé de couches annuelles concentriques : celles-ci sont en effet constamment reconnaissables par quelques rangées de cellules tabuliformes, appartenant au bois d'automne (*Quercus, Fagus, Castanea, Juglans, Bertolletia, Oreodaphne*), et à la suite desquelles vient un bois de printemps, à larges cellules, ou bien une couche en forme de bande de parenchyme ligneux (*Prunus lusitanica.*)

(2) V. Mohl, über die Gewinnung des venetianischen Terpenthins. *Botanische Zeitung* 1859.

canaux résinifères verticaux se trouvent également dans l'écorce primaire des Cupressinées et des Taxinées, qui n'en possèdent pas dans le bois.

L'écorce de formation secondaire est, comme le cylindre ligneux, traversée par les rayons médullaires ; elle renferme les fibres du liber et des tubes criblés qui, avec le parenchyme libérin, constituent toute la partie libérine du système vasculaire. Pendant que le bois s'épaissit par la formation de nouvelles couches ligneuses, cette partie de l'écorce s'agrandit aussi au moyen du cambium propre au système vasculaire ; ses faisceaux et ses rayons médullaires qui les séparent continuent à croître à l'aide de la zone génératrice. Il résulte de là que l'écorce secondaire qui environne immédiatement le système central de la tige se prête à l'augmentation en diamètre de ce dernier. L'écorce primitive qui, de son côté, entoure l'écorce secondaire, s'accroît également à mesure que le tronc s'épaissit par la multiplication et par l'expansion de ses cellules propres. En résumé le liber se produit par la partie extérieure des faisceaux vasculaires, tandis que chaque couche ligneuse se forme au moyen de leur partie intérieure.

L'épiderme de l'écorce est ordinairement percé de stomates, mais il meurt en général dès la première année de vie du rameau à la suite de la formation d'une couche subéreuse. Cette formation n'est d'ailleurs pas toujours limitée à l'écorce primaire, mais elle peut s'étendre au parenchyme de l'écorce secondaire ; elle arrête l'émission de la sève vers les tissus restés en dehors et provoque par conséquent leur mort ; ce phénomène est la cause pour laquelle certaines écorces sont crevassées (*Borke, Rhytidoma*), et d'après ce qui précède, on voit que cette partie rude et fendillée de l'écorce représente, soit de l'écorce primaire, soit de l'écorce secondaire, et que toujours elle consiste en une couche morte par suite d'une formation sous-jacente de liége.

Les divers parenchymes de l'écorce, au nombre desquels on doit compter le tissu de l'écorce primaire, les rayons médullaires et le parenchyme du liber, se lignifient fréquemment à certains endroits et d'une manière déterminée, comme chez le Hêtre et le Platane : chez d'autres arbres, au contraire, ces cellules conservent leur consistance herbacée. Il arrive aussi fréquemment que les fibres du liber, quoique ébauchées, ne parviennent pas à un état parfait de développement ; elles se lignifient plus ou moins tôt, suivant la nature de la plante.

Le cambium, c'est-à-dire ce tissu qui constitue la zone génératrice interposée entre le bois et l'écorce, se compose de cellules à parois très-délicates et de deux espèces différentes, savoir : 1° de cellules allongées verticalement et qui par une partition longitudinale produisent d'un côté des vaisseaux et des fibres ligneuses et de l'autre des fibres libérines et des tubes criblés, ce qui donne lieu à l'accroissement du système vasculaire, et 2° de cellules plus courtes, placées horizontalement et au moyen desquelles les rayons médullaires se propagent à travers les nouveaux tissus (1).

La cellule ligneuse ou fibre prend naissance à la suite d'une division longitudinale tangentielle d'une cellule verticale de cambium : celle-ci forme deux cellules-filles (Fig. 15) dont l'une devient une fibre et l'autre reste cellule de cambium et suit l'exemple de sa cellule-mère. La jeune fibre s'allonge ensuite aux deux extrémités qui s'effilent ; elle croît en largeur dans le sens du rayon médullaire. Si elle appartient à la formation du printemps elle devient carrée sur sa coupe transversale (Fig. 75 *a*), mais si elle est engendrée en automne, elle s'étend moins, conserve davantage sa forme lamellaire primitive et en revanche s'épaissit beaucoup plus fort (Fig. 75 *b*). Cette fibre ligneuse est, en général, pourvue de ponctuations (*mit Tüpfeln versehen*), c'est-à-dire de pores dont le canal s'élargit à la base et présente par conséquent, lorsqu'on les regarde par en haut, la figure d'un grand cercle (aréole de la ponctuation [*des Tupfelhofes*]) au milieu duquel l'embouchure du canal poreux apparaît comme un cercle plus petit (Fig. 15 et 16) (2).

Les cellules du parenchyme ligneux résultent de la partition trans-

(1) Naegeli a, dans son Traité sur la croissance de la tige et de la racine chez les végétaux vasculaires, donné des noms nouveaux à ces deux parties, connues déjà depuis longtemps, du système vasculaire, savoir celui de Xylème à la partie ligneuse, et de Phloème à la partie libérine, et il a ainsi rendu son exposition presque insupportable. En outre, Naegeli n'accorde pas assez de considération aux vues et à l'argumentation de ses adversaires, de sorte qu'il est impossible de tirer une conclusion certaine de ses propres assertions.

(2) Je distingue les *ponctuations fermées* et les *ponctuations ouvertes*. Ces dernières ne se présentent que dans les cellules qui ont déjà perdu leur sève, par exemple dans les fibres et les vaisseaux remplis d'air et dans les cellules qui ne servent plus à la circulation des rangées supérieures et inférieures des rayons médullaires des *Pinus*. La paroi des fibres et des vaisseaux qui servent encore à la circulation, est, au contraire, pourvue de ponctuations fermées. Cette distinction est importante pour les phénomènes physiologiques en ce que les ponctuations ouvertes ne servent plus à l'endosmose, mais permettent le passage direct des fluides et des corps solides qui peuvent s'y trouver en suspension, comme je l'ai démontré par l'injection du carmin et d'autres matières colorantes solides. (*Bot. Zeitung*, 1859, p. 238.)

versale d'une fibre développée depuis peu, bien que déjà effilée à ses deux extrémités (Fig. 129 *hp.*) (1). Lorsque l'on dissout la matière intercellulaire du bois on obtient souvent ces cellules encore réunies et entourées de la membrane de la cellule-mère ; leurs parois transversales sont horizontales et leurs parois latérales n'ont jamais de ponctuations ouvertes mais sont la plupart du temps pourvues de pores.

La cellule vasculaire ou le vaisseau, prend, comme la fibre, son origine dans une cellule verticale de cambium, mais elle ne s'allonge que pour autant que l'organe dans lequel elle se trouve s'accroît encore lui-même, comme, par exemple, les trachées et les fausses trachées de l'étui médullaire. Dans les formations postérieures, au contraire, les vaisseaux s'étendent davantage en diamètre et deviennent en conséquence beaucoup plus larges que toutes les autres cellules du bois. On trouve cependant chez quelques plantes, comme les *Moquilena* et *Tectona,* des passages de la fibre au vaisseau, le milieu seul de la cellule formant un renflement et se comportant comme une cellule vasculaire, tandis que les deux extrémités sont allongées et amincies comme dans une cellule fibreuse (Fig. 129 *g*). Les vaisseaux s'épaississent d'un grand nombre de manières différentes (voy. p. 29 et 30) ; leur paroi transversale disparaît avec la sève (2).

Les cellules à liber ou fibres corticales proviennent également de la division d'une cellule verticale de cambium, mais elles sont beaucoup plus difficiles à suivre dans les diverses phases de leur développement ; elles s'effilent aux deux bouts, et s'allongent ; il est même probable que les fibres libérines extraordinairement longues de quelques plantes et qui dépassent assez souvent de 5 à 10 fois l'étendue des cellules de cambium, proviennent de ce que plusieurs cellules placées à la file l'une de l'autre se fondent ensemble pendant leur jeunesse. Ces fibres croissent peu en largeur, mais, par contre, elles s'épaississent considérablement, parfois jusqu'à la disparition à peu près complète de leur cavité intérieure ; elles se ramifient quelquefois, ne sont jamais ponctuées, mais abondamment pourvues de canaux poreux.

---

(1) Sous le nom de division longitudinale, je désigne ici la partition parallèle à l'axe longitudinal de la tige ou du rameau, et sous celui de division transversale celle qui lui est perpendiculaire.

(2) Lorsque les vaissaux sont ponctués, le diaphragme de la ponctuation disparaît avec la sève, parfois même d'un seul côté seulement, quand le vaisseau n'est en contact que d'un côté avec une autre cellule sans liquide intracellulaire.

Les tubes criblés ou cribriformes (*siebröhre*) naissent d'une manière analogue au moyen de cellules de cambium allongées verticalement, mais ils se distinguent des fibres du liber par leur mode particulier d'épaississement. (Voy. plus loin.)

Enfin le parenchyme du liber correspond dans son développement au parenchyme ligneux en ce que plusieurs cellules-filles se développent par une scission transversale dans une cellule verticale du cambium.

Nous avons, en résumé, distingué dans la partie ligneuse des faisceaux vasculaires trois espèces de cellules : les cellules vasculaires, les cellules fibreuses et les cellules parenchymateuses, et nous retrouvons dans l'écorce également trois espèces différentes de cellules, savoir : les tubes poreux, les fibres corticales et le parenchyme libérin.

Les cellules des rayons médullaires proviennent également du cambium ; cependant celles qui appartiennent aux rayons médullaires préexistant dans le bois et dans l'écorce ne sont pas engendrées par les cellules allongées verticalement du cambium, mais elles résultent d'une formation cellulaire à l'intérieur des cellules courtes de la zone génératrice. On pourrait considérer ces dernières comme constituant le cambium à rayons médullaires, par opposition avec le cambium à faisceaux vasculaires. Quant aux nouveaux rayons médullaires, ils naissent, au contraire, dans certaines cellules verticales du cambium qui, par une division transversale, se transforment en cambium à rayons médullaires.

Il résulte des observations que nous venons de consigner, que le cambium des faisceaux vasculaires et celui des rayons médullaires se maintient, sous la forme de la zone génératrice, entre le bois et l'écorce, parce que, chaque fois que ses cellules se multiplient par division, tant du côté du bois que vers l'écorce, l'une des nouvelles cellules engendrées devient à son tour cellule de cambium et se comporte de la même manière que sa cellule-mère. Pendant la durée de la végétation, il n'existe donc pas de limite bien tranchée entre le cambium et le jeune bois, ni entre le cambium et la nouvelle écorce. Il en est autrement en hiver : pendant cette période le cambium constitue une couche de quelques rangées de cellules, inactives en ce moment, et interposées entre les dernières cellules du bois d'automne et les cellules les plus récentes de l'écorce secondaire. Le cylindre ligneux s'accroît, par conséquent, du côté extérieur, au moyen du cambium, et ce même cambium épaissit l'écorce secondaire en se transformant

en tissus nouveaux le long de sa surface intérieure : en outre il se maintient et se perpétue dans la zone génératrice.

Tout le monde sait que l'écorce n'acquiert jamais un développement aussi considérable que le bois; en d'autres termes que la multiplication des cellules n'est pas aussi rapide du côté de l'écorce que du côté du bois. Le Hêtre et le Charme peuvent être invoqués comme preuves à l'appui.

Après avoir appris comment le bois et l'écorce se forment et comment ces deux importants organes sont, en général, constitués, nous allons nous occuper spécialement des bois indigènes les plus connus. Tandis que, suivant l'âge de la branche, l'écorce subit des transformations importantes, la structure du bois, au contraire, ne change plus chez nos arbres, dès le moment où la portion de tige à laquelle il appartient cesse de s'allonger. L'étui médullaire seul, étant la partie du cylindre ligneux la première formée, est toujours constitué autrement que le bois proprement dit qui ne commence à se montrer que lorsque la branche ou la tige ne croît plus en longueur. Quelques arbres des tropiques, notamment beaucoup de ces végétaux grimpants qui constituent le groupe des lianes, présentent souvent de notables différences de structure entre le centre et la périphérie de leur bois.

Le bois qu'une jeune plantule ou qu'une innovation issue d'un bourgeon développe au printemps, possède déjà, dès l'automne suivent, toutes les propriétés particulières qu'il doit avoir. On distingue même dans un jeune arbre d'un an, le bois de printemps et le bois d'automne bien que les vaisseaux du premier cercle annuel soient en général plus étroits que de coutume. Chez les Conifères, principalement chez ceux qui sont pourvus de canaux résinifères creusés dans le bois, on trouve ces canaux dans la première couche ligneuse qui se dépose. Les années suivantes produisent donc peu de changements dans la structure du bois; chaque nouveau printemps amène une formation de fibres larges et peu épaissies et à chaque nouvel automne correspond une zone de cellules plus étroites et plus solidement incrustées. Chaque année il se forme ainsi une couche ligneuse et les rayons médullaires secondaires se multiplient d'une manière déterminée. Tout cela fait que le nombre des cercles annuels indique le nombre de périodes de végétation que l'arbre a parcourues.

Le bois des Conifères et des Cycadées est d'une structure plus simple que celui des arbres à feuilles membraneuses; il ne renferme pas de vaisseaux proprement dits, ce qui fait que leurs fibres sont

plus larges que celles des autres arbres. L'étui médullaire, au lieu d'être formé de trachées, consiste en cellules allongées épaissies sous une forme spiraloïde. Les rayons médullaires sont, en général, minces et composés d'un seul plan de cellules; il en résulte que les fibres ont une direction presque verticale, de sorte que le bois se fend facilement et suivant une ligne droite. Le parenchyme ligneux n'existe pas ou bien on n'en trouve que quelques groupes isolés (chez les Taxinées, les Cupressinées et l'Araucaria) formés de cellules pleines de résine, ou bien entourant les lacunes résinifères verticales, comme chez le *Pinus canariensis*. L'existence de ces conduits à résine verticaux ou bien horizontaux, dans l'intérieur du bois, constitue un caractère particulier à certains Conifères, comme le Pin, l'Epicea et le Mélèze. On peut, d'un autre côté, apprécier à la loupe, ou même à l'œil nu, la structure uniforme des bois résineux et notamment l'absence de vaisseaux qui chez les autres bois se présentent sur une coupe transversale sous la forme de trous plus ou moins grands. Les cercles annuels sont, en général, fortement marqués et le bois d'automne est d'une coloration plus foncée. L'Araucaria du Brésil se distingue des autres Conifères, chose à laquelle Göppert (1) n'a pas prêté assez d'attention dans sa protestation dirigée contre moi, par l'absence des limites de croissance et des conduits résineux dans le bois. Le bois des Conifères varie beaucoup, suivant sa constitution particulière, et suivant les circonstances dans lesquelles il s'est développé. Ainsi, par exemple, le bois d'If possède une grande dureté et il est fort lourd; celui de la racine de Mélèze, au contraire, est mou et léger; le bon bois de Pin, d'Epicea et de Mélèze est imprégné de résine, tandis que celui du Sapin en est dépourvu. La valeur vénale d'un bois dépend de sa structure anatomique (2).

Le bois du Sapin (*Abies pectinata*) est blanc et assez compacte, les cercles annuels sont nettement distincts; il est presque sans odeur

---

(1) Voy. Göppert, sur les forêts pétrifiées du Nord de la Bohême et de la Silésie (*Verhandlung der schlesischen Gesellschaft*, de 1858-1859, p. 5). J'ai examiné des troncs d'*Araucaria brasiliensis* de Madère, d'un pied de diamètre, ainsi que des branches et des racines de l'âge le plus différent, et nulle part je n'ai discerné de véritables cercles annuels. La disposition concentrique des éléments fibro-vasculaires du bois ne suffit pas, en effet, pour constituer des couches annuelles, comme la Betterave, et bien d'autres bois dont le parenchyme ligneux est en forme de bandes, en font foi.

(2) Pour examiner au microscope un bois ou une écorce, il convient de les observer sous trois coupes différentes, savoir : 1° une coupe transversale perpendiculaire à l'axe longitudinal du tronc; 2° une coupe longitudinale suivant les rayons médullaires (coupe radiale), et 3° une coupe longitudinale perpendiculaire aux rayons médullaires (coupe tangentielle).

et dépourvu de lacunes résinifères : les rayons médullaires, assez longs, sont formés, en largeur, d'un plan de cellules. Les fibres de la racine atteignent, en général, un diamètre double de celles du tronc et elles sont ordinairement pourvues de deux séries de ponctuations, tandis que celles du tronc n'en possèdent jamais qu'une seule série. Les rangées des rayons médullaires sont épaissies d'une manière uniforme, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de différence entre les rangées supérieures et celles du milieu : toutes leurs cellules laissent voir de petits pores arrondis, mais pas de ponctuations (Fig. 131). Le bois de Sapin se débite très-facilement et en feuilles fort minces : il est à peu

Fig. 131.

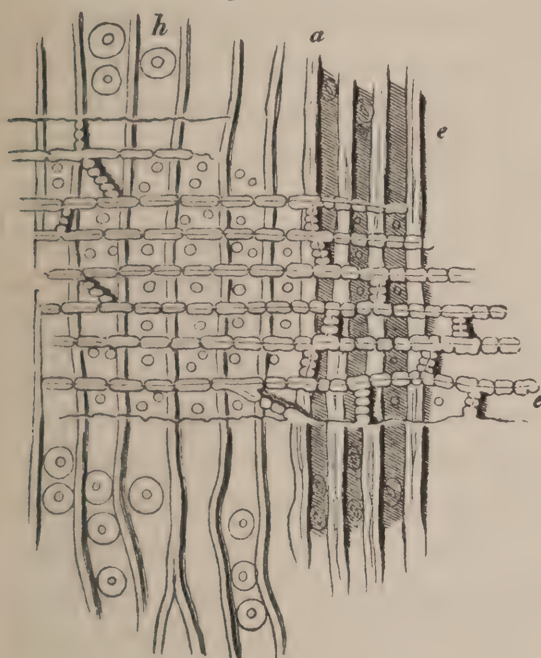
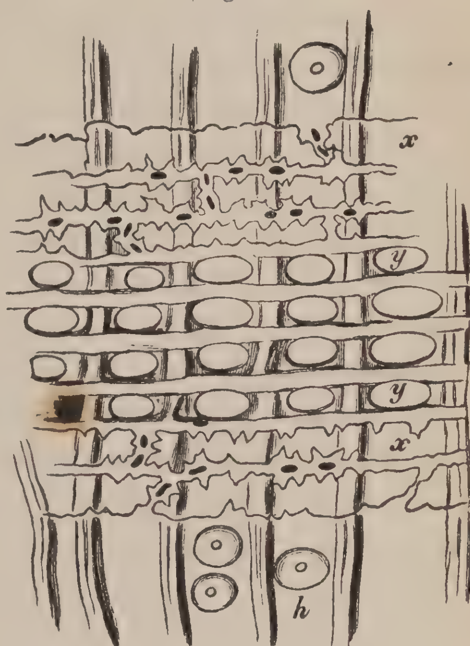


Fig. 132.



près exclusivement employé pour la fabrication des boîtes et il est très-convenable pour les tables d'harmonie et les tuyaux d'orgue. Les gros troncs qui vont en s'amincissant d'une manière à peu près insensible vers la cime, fournissent d'excellents mâts, des bois de support et des arbres de moulin. Mais ce bois ne possède pas autant de force de portée que celui moins élastique du Pin et de l'Epicea ; lorsqu'on

Fig. 131. Coupe longitudinale du bois de Sapin, parallèle à un rayon médullaire : *a*. la limite d'un anneau annuel ; à droite de cette limite le bois d'automne, à gauche du bois de printemps (*h*) ; *e*. les cellules du rayon médullaire (gros. 200 fois).

Fig. 132. Coupe longitudinale dans du bois de Pin, pratiquée parallèlement à un rayon médullaire : *h*. fibres ponctuées du bois printannier ; *y*. cellules de la partie moyenne du rayon médullaire, munies de vastes pores simulant des perforations ; *x*. cellules extérieures du rayon médullaire avec de petites ponctuations et des épaississements à contours déliés.

emploie le Sapin dans les cintrages on a soin, pour empêcher la flexion des poutres, de les faire joindre par leurs extrémités taillées en dents de scie. D'après Bechstein (1), le bois de Sapin surpasserait en durée tous les autres bois de construction (?) et il serait encore aussi dur que le tissu osseux, après trois ou cinq siècles d'usage. Comme bois à brûler, le Sapin vient après l'Epicea.

Le bois d'Epicea (*Picea vulgaris* Link) présente des zones annuelles distinctes; il n'est pas aussi blanc que le Sapin, qu'il égale en dureté et en compacité et il répand une odeur résineuse. Les rayons médullaires sont composés d'un plan de cellules; ils sont assez longs et, comme chez le Sapin, constitués uniformément; leurs cellules ne sont pas ponctuées. Les cellules ligneuses ou fibres de la racine sont beaucoup plus larges que celles du tronc et elles sont, en conséquence, généralement pourvues de deux rangées de ponctuations. Les cellules du bois d'automne présentent des stries spiraloïdes très-nettes que l'on ne trouve pas chez le Sapin. Ces stries ainsi que les conduits résinifères les uns verticaux, les autres horizontaux, qui manquent totalement chez le Sapin, fournissent deux excellents caractères distinctifs pour le bois d'Epicea. Grâce à sa constitution résineuse, cette essence offre beaucoup d'avantages pour la construction et le chauffage, mais il est moins flexible que le bois de Sapin. Ne devenant pas aussi gros que ce dernier, il ne fournit pas à la marine des mâts aussi forts ; par contre il est, par la résine qu'il renferme, beaucoup mieux approprié aux constructions hydrauliques. Il est susceptible d'une très-longue durée, comme me l'ont témoigné les vestiges de charpentes conservés dans les murs de l'une des plus anciennes ruines de la Thuringe, le château d'Ehrenstein, près de Remda : ce bois était parfaitement intact et il avait seulement bruni. La résine d'Epicea s'extrait de ce bois (voir *infra*).

Le Pin (*Pinus sylvestris*) fournit un bois blanchâtre, d'une odeur résineuse et dont la dureté surpasse quelquefois celle des deux essences précitées. Les rayons médullaires sont à une rangée de cellules, mais beaucoup plus courts que chez le Sapin et l'Epicea ; ils ont environ 8 cellules de long. Les rangées supérieures et inférieures de ces rayons montrent, lorsqu'on fait une coupe longitudinale qui leur est parallèle, des formes élégantes d'épaississement parsemées de petites ponctuations, tandis que les rangées intermédiaires possèdent de

(1) Bechstein, Forst-und Jagdwissenschaft. Bd. I. p. 765.

grands pores que l'on pourrait facilement prendre pour des trous (Fig. 132). Le bois du Pin possède, comme celui de l'Epicea, des conduits à résine les uns verticaux, les autres horizontaux, mais la constitution toute particulière de ses rayons médullaires suffit amplement pour le faire reconnaître. Le Pin des Alpes (*Pinus pumilio*) qui porte, comme le Pin commun, une double aiguille invaginée à la base, produit un bois dont l'anatomie est analogue à celle-ci ; le Pin de Lord Weymouth (*Pinus strobus*), dont chaque gaîne produit cinq aiguilles, se distingue en ce que les pores des cellules médianes de ses rayons médullaires ne sont pas tout-à-fait aussi vastes ; en outre chacune de ces cellules porte de un à quatre pores, tandis que celles du Pin commun n'en contiennent qu'un ou deux au plus. Le bois du Pin des Canaries (*Pinus Canariensis*), dont les cercles annuels sont aussi fortement marqués que ceux de nos Conifères, présente des conduits résinifères d'une largeur extraordinaire (90/400 de millimètre de diamètre) et d'autres plus petits et horizontaux dans les rayons médullaires. Les fibres ligneuses du vieux bois sont entièrement remplies de résine solide ; les rayons médullaires sont constitués par une rangée de cellules et atteignent une longueur moyenne ; dans les rangées du milieu on rencontre des pores assez grands, mais dans les séries extérieures on ne retrouve pas l'épaississement dentelé qui distingue notre Pin et qui n'existe d'ailleurs pas non plus dans le Pin Weymouth. Les fibres sont beaucoup plus larges et beaucoup plus fortement incrustées que chez toutes les autres espèces de Pin que je connais. Il paraîtrait donc que tous les Pinus proprement dits posséderaient deux espèces de rayons médullaires ; les rangées extérieures de ces rayons sont ponctuées et, comme les fibres ponctuées, ils perdent leur sève de bonne heure et en même temps le diaphragme de leurs ponctuations ; les rangées du milieu, au contraire, possèdent de larges pores, et, d'après la saison, conduisent soit de l'amidon, soit d'autres matières granuleuses mélangées à des gouttelettes de résine ; elles se trouvent en liaison avec les conduits à résine verticaux et entretiennent au moyen de ceux-ci un courant de sève à travers le vieux bois. Ces séries cellulaires moyennes des rayons médullaires de Pin se comportent donc comme la généralité des cellules qui constituent les rayons médullaires de l'Epicea et du Sapin. Les conduits résinifères verticaux du Pin des Canaries sont entourés d'un parenchyme ligneux dont les parois transversales sont réticulées. Quant à la racine de notre Pin commun, elle se compose de larges fibres, souvent pourvues de deux rangées

de ponctuations. Le Pin fournit à la marine ses meilleurs mâts, bien qu'ils n'égalent pas en hauteur ni en force ceux du Sapin; grâce à la résine dont il est comme injecté, il constitue un excellent bois de construction, bien convenable surtout pour les travaux hydrauliques; comme combustible, il est à peu près sur la même ligne que l'Epicea. On sait que le goudron du commerce s'extrait du bois de Pin. Sa racine surtout est riche en résine, elle fournit des fallots pour l'éclairage et elle est spécialement propre à la distillation du goudron. Le vieux bois du Pin des Canaries est presque impérissable, tant il est imprégné de résine. Les charpentes des vieilles maisons construites à Téneriffe, à l'époque de la Conquête (1402), et les colonnes du Patio aux Grandes Canaries sont encore aussi bien conservées que si le bois venait d'être abattu; la résine en suinte même encore en été

Le jeune bois de Mélèze (*Larix europæa*) est blanchâtre; le bon bois, au contraire, est coloré en jaune rougeâtre surtout dans la racine, et il est alors beaucoup plus dur que dans l'état de jeunesse. Les rayons médullaires sont assez longs (presque 12 cellules) et ont l'épaisseur d'une rangée de cellules qui ont, comme chez le Sapin, une structure uniforme; on rencontre aussi des conduits à résine verticaux et d'autres horizontaux. Les anneaux annuels sont, en général, plus longs que ceux des Conifères que nous avons cités précédemment; d'ailleurs le tronc du Mélèze s'épaissit plus vite, parce que les nombreuses feuilles aciculaires dont il est revêtu, lui permettent d'élaborer plus de bois que les autres Conifères. Les cellules du bois d'automne sont, comme chez l'Epicea, pourvues d'une bande roulée en spirale serrée. Le bois de la racine est léger et coloré en jaune; il est, pour la plus grande partie, composé de cellules de printemps fort larges et qui possèdent souvent trois rangées de ponctuations; il n'est pas rare que ces cellules surpassent trois fois le diamètre des cellules correspondantes du tronc; aussi le bois de la racine du Mélèze est-il d'une grande légèreté. D'après Bechstein, le Mélèze acquerrait sous l'eau une dureté supérieure à celle du Chêne et de l'Aune et il serait aussi propre que ces essences aux constructions navales.

Le Sapin du Brésil (*Araucaria brasiliensis*), et probablement tous les autres Araucaria, est le seul Conifère que je sache n'avoir pas de cercles annuels et il se distingue par là de toutes les autres espèces encore vivantes. Le bois du tronc présente des fibres très-étroites avec une seule rangée de ponctuations, tandis que le bois de la racine dont les cellules sont 4 à 5 fois aussi larges, montre de 2–4

rangées de ponctuations dont l'auréole est beaucoup plus grande que celle des ponctuations du bois du tronc (Fig. 76). Les rayons médullaires n'ont qu'une rangée de cellules ; ils sont courts et très-faiblement épaissis. Le bois d'Araucaria est particulièrement caractérisé par cette structure des rayons médullaires, l'absence de cercles annuels et de conduits à résine ; quant aux fibres larges à plusieurs rangées de ponctuations, c'est un caractère commun à un grand nombre de racines de Conifères, notamment du Mélèze. Le bois du tronc est très-compact et pesant ; celui de la souche est proportionnellement beaucoup plus léger. La disposition des ponctuations qui, d'après Goëppert, est très-serrée, pourrait à peine être invoquée comme un caractère.

L'arbre géant de la Californie, le *Willingtonia gigantea*, a un bois blanc et très-léger, constitué de zones annuelles étroites, mais bien marquées et dans lesquelles le bois d'automne forme une bande d'une faible épaisseur. Les rayons médullaires sont à une rangée de cellules, d'une longueur très-variable (de 1 à 20 cellules) et faiblement épaissis; les ponctuations sont grandes et allongées, les cellules à résine peu nombreuses et les conduits résinifères manquent complétement.

L'If (*Taxus baccata*) fournit un bois très-compact, pesant et presqu'impérissable ; il croît très-lentement et forme des cercles annuels très-minces; au lieu de lacunes résinifères, il possède des cellules à résine isolées qui correspondent au parenchyme ligneux ; les fibres présentent toutes une bande spirale à enroulement très-large ; les rayons médullaires sont longs et à une rangée de cellules. Ce bois est fort recherché des tanneurs; il reçoit un beau poli et, coloré en noir, il est connu sous le nom d'Ebène allemand.

Le parenchyme ligneux résinifère semble être propre aux Conifères qui ne possèdent pas de conduits à résine, par exemple aux Taxinées, aux Cupressinées et aux Cèdres ; il est peu développé chez le Sapin. Les véritables vaisseaux, que l'on ne rencontre pas chez les Conifères proprement dits, commencent à se montrer chez l'Ephedra. Les perforations rondes, percées dans la paroi transversale oblique des vaisseaux, sont caractéristiques pour ces plantes. — Les vaisseaux des Ephedra représentent une transition remarquable entre les fibres et les vaisseaux ; ils sont pourvûs de deux rangées de ponctuations, tandis que les fibres, qui n'ont que la moitié de leur longueur, possèdent une seule série de ces ponctuations. L'Ephedra forme habituellement un simple arbuste, de sorte que son bois est

sans valeur. Le bois de Guetum est encore à peu près inconnu, d'ailleurs comme l'organisation du reste de la plante. Les ponctuations des fibres qui, chez les Conifères, forment le bois de printemps, ne se montrent, en général, que sur la paroi située dans la direction du rayon, tandis que dans le bois d'automne, au contraire, elles se présentent aussi, quoique plus rarement, dans la direction de la tangente (Fig. 75). Chez l'Ephedra, elles se trouvent dans les deux directions.

Le bois de Chêne (*Quercus pedunculata* et *sessiliflora*) possède des rayons médullaires de deux espèces, les uns plus larges, les autres plus étroits; les premiers sont déjà visibles à l'œil nu soit sur une coupe transversale soit sur une coupe longitudinale qui leur est perpendiculaire; ils apparaissent, dans ce dernier cas, sous la forme de petites raies minces, verticales, situées l'une à côté de l'autre à des distances déterminées; le menuisier leur donne le nom de fibres miroitantes (*Spiegelfasern*). Le bois frais, d'une coloration jaunâtre, se fonce très-rapidement à l'air; il est compact, assez pesant et, vu à la loupe, semble très-poreux à cause de ses larges vaisseaux (15-30/100 mill.) Il se compose de fibres fortement épaissies et de vaisseaux ponctués plus ou moins larges entre lesquels le parenchyme ligneux se présente en bandes et en groupes irréguliers (1). Les rayons médullaires minces sont à une rangée de cellules, ils ont jusque 16 cellules de longueur; les rayons larges ne sont pas en aussi grand nombre que chez le Hêtre, mais ils sont beaucoup plus longs; placés l'un au-dessus de l'autre, ils forment des rangées verticales; le cours des fibres ne serpente donc pas chez le Chêne au même point que chez le Hêtre. La moëlle est pentagonale dans la tige et dans les branches (Fig. 61); dans la racine elle est circulaire et à peine distincte (Fig. 162). Le bois de la racine est plus léger que celui du tronc; toutes les espèces de cellules, et particulièrement les vaisseaux, y sont plus larges (presque 90/100 de mill.); les fibres, au lieu d'une seule rangée de ponctuations, en possèdent deux. Les cellules de la moëlle qui, arrivées à un certain âge, se lignifient, lorsqu'elles sont encore fraîches, conduisent de l'amidon comme le font les cellules des rayons médullaires et du parenchyme ligneux. Les cercles annuels sont distincts, mais, en général, ils ne sont, dans la racine, reconnais-

(1) Les vaisseaux les plus larges se présentent dans le bois de printemps immédiatement à la limite du bois d'automne, caractère particulier pour le Chêne et pour le Châtaignier.

sables qu'au microscope et quelquefois n'existent pas du tout (dans un morceau de racine de 1 1/2 pouce de grosseur provenant du jardin zoologique de Berlin). Souvent employé comme bois de construction et d'usage, spécialement pour les constructions navales et pour les billes de chemin de fer, le bois de Chêne ne pourrait être remplacé par aucun autre pour certains usages. La grande proportion de tannin qu'il renferme, suffisante, quand il est frais, pour noircir la lame d'un couteau, contribue sans doute en partie à lui assurer sa longue durée. Les tonneaux à vins sont presque toujours fabriqués en bois de Chêne (à Madère et aux Canaries on se sert de bois de Chêne d'Amérique); à cet effet le bois est fendu en douves suivant la direction du rayon, parce que, s'il était divisé dans l'autre sens, le vin suinterait à travers les larges rayons médullaires. On l'emploie pour édifier des charpentes à l'abri de l'humidité; il est de vieux bâtiments où on le retrouve encore intact après plusieurs siècles; il se conserve d'ailleurs aussi parfaitement sous l'eau; ainsi, le bois d'un navire coulé à fond depuis plusieurs siècles n'était pas corrompu, bien qu'il fut devenu dur comme de la pierre. D'un autre côté le cœur du Chêne se décompose facilement autour de la moëlle, lorsque le tronc ou les branches ont éprouvé de profondes lésions; c'est dans ce cas l'action combinée de l'humidité et des influences atmosphériques qui amène cette décomposition favorisée par la présence de matières amylacées dans la moëlle, dans le parenchyme ligneux et dans les rayons médullaires.

Depuis quelques années, on imprègne les billes de chemin de fer, pour empêcher leur décomposition, de différents sels métalliques, par exemple de sulfate ferreux (vitriol de fer ou vitriol vert), de sulfate cuivrique (vitriol de cuivre ou vitriol bleu) ou de chlorure zincique. Des essais chimiques auxquels je me suis livré sur des bois de Chêne et de Pin injectés et sous le microscope m'ont convaincu que la solution métallique s'était introduite dans la surface et dans l'aubier du bois, mais qu'elle n'avait pas pénétré plus profondément : je ne suis pas parvenu, à une certaine profondeur, à obtenir les réactions caractéristiques du cuivre, ni par le cyanure ferrico-potassique (ferro-cyanate de potasse rouge), ni par le cyanure ferroso-potassique (ferro-cyanate de potasse jaune). Le bois de chêne imprégné de vitriol de fer n'était noirci qu'à l'extérieur et avait conservé à l'intérieur sa coloration habituelle. Les parties intérieures de ce bois, carbonisées et réduites en cendres, ne donnèrent pas non plus de traces sensibles de sels métalliques. Les solutions métalliques ne s'étaient donc

introduites que dans la superficie du bois et n'avaient nullement imprégné les billes dans toute leur épaisseur. L'imprégnation de la surface peut d'ailleurs complétement suffire et mettre l'intérieur du bois à l'abri de l'action de l'air atmosphérique ; seulement, en pareil cas, la bille injectée ne peut plus être hâchée ou raccourcie. Dans l'injection des bois par les solutions métalliques, il importe que le bois soit encore frais et contienne de la sève, parce qu'il n'y a que les parties succulentes qui absorbent la solution ; un procédé particulier d'imprégnation, qui consiste à abattre les arbres à la hâche près de leur base et d'entourer la base du tronc avec une solution saline, est fondée sur cette observation (1). L'endosmose qui est ici en jeu, agit avec plus de force dans le bois vivant que la pompe pneumatique sur le bois sec.

Le bois de Chêne-liége (*Quercus suber*), que j'ai étudié sur un morceau d'un gros tronc provenant des environs de Séville et d'après un arbre qui avait crû à Madère, a la même structure que celui de notre Chêne, seulement les cercles annuels sont moins marqués bien qu'ils soient indiqués par plusieurs rangées de fibres lamelliformes et aplaties dans le sens de la tangente. Les vaisseaux sont larges de 15-40/400 mill. de diamètre. On trouve de gros cristaux dans le parenchyme ligneux. L'écorce de son côté se distingue essentiellement de celle de nos Chênes, par sa formation de liége.

Le bois très-dur du Hêtre (*Fagus sylvatica*) est coloré en jaune ; on voit, sur une coupe transversale, qu'il est traversé de larges rayons médullaires qui, sur une coupe longitudinale, se présentent sous la forme de taches courtes, brunes, allongées, verticales et qui distinguent suffisamment cette espèce de bois. Les rayons médullaires larges, beaucoup plus nombreux et en outre plus courts que dans le Chêne, déterminent chez les fibres un cours beaucoup plus contourné. Les rayons médullaires minces se composent d'une ou deux rangées de cellules et ont rarement plus de 12 cellules de longueur. Les fibres sont étroites, épaissies si fortement que la cavité intérieure est souvent bien près de disparaître ; entre-elles on trouve des vaisseaux ponctués assez étroits (12-24/400 de mill.) dont la paroi transversale est rarement scalariforme, souvent perforée d'un trou rond ; une certaine quantité de parenchyme ligneux est, en outre, répartie entre les fibres ligneuses. Les fibres étroites et fortement incrustées prédominent dans le bois de Hêtre ; de là sa grande dureté et son violent pouvoir

(1) Voyez le *Journal polytechnique* de Dingler. 1859.

calorifique. Le parenchyme ligneux, les rayons médullaires et la moëlle renferment de l'amidon quand ils sont frais. Le bois de la racine est plus léger, ses cellules sont plus larges et moins épaissies. Le Hêtre ne produit, comme tous les arbres à bois très-compact, que des cercles annuels minces. Sa texture cassante, qui résulte probablement d'un état particulier de son xylogène (matière incrustante), est, en général, un obstacle à son emploi pour les bâtisses : il est, au contraire, fort usité pour les constructions navales, pour les moulins et le charronnage, ainsi que pour certaines applications spéciales, telles que les essieux de roue de voiture ou de moulin : comme combustible, il est au premier rang de toutes nos essences. Il se conserve sous l'eau aussi bien que le bois de chêne.

Le Châtaignier (*Castanea vesca*), très-voisin du Hêtre, fournit également un bois compact et durable qui, par sa structure, se rapproche fort de celui du Chêne. Comme celui-ci, il possède à la limite du bois de printemps, de très-vastes vaisseaux, mais on n'y rencontre pas les larges rayons médullaires. La paroi transversale des vaisseaux ponctués est, comme chez le Hêtre, en général, pourvue d'une perforation arrondie et il est également rare de rencontrer ici des parois transversales laciniées d'une manière scalariforme. Le parenchyme ligneux existe en petite quantité.

Le Charme (*Carpinus betulus*) possède un bois dont la dureté approche de celle du Hêtre : il n'a pas de rayons médullaires larges, le parenchyme ligneux y forme des rangées simples, et les fibres, très-étroites, sont, comme chez le Hêtre, fortement épaissies. Les vaisseaux assez larges (15–20/400 millim.) présentent, sur des coupes longitudinales très-délicates de ce bois, une bande spirale assez plane. Les vaisseaux présentent de grandes ponctuations situées tout près l'une de l'autre et leurs parois transversales sont traversées par un trou rond ; les rayons médullaires, assez longs, sont larges d'une ou deux rangées de cellules dont les parois sont fortement épaissies. Comme chez la plupart des bois très-compacts, la limite des cercles annuels examinée au microscope paraît faiblement marquée. Le bois de Charme est employé, à cause de sa dureté, pour faire des roues dentées, des vis et d'autres objets semblables ; c'est aussi de ce bois que sont faits les coins que les bûcherons emploient pour abattre les arbres. Comme pouvoir calorifique, il est un peu inférieur au Hêtre. Il n'est guère employé comme bois de construction et il prend un beau poli.

Le bois moins compact du Coudrier (*Corylus avellana*), qui appar-

tient à la même famille, a une structure analogue, mais ses vaisseaux, sont dépourvus de bande spirale et ils ont les parois transversales scalariformes.

L'Orme (*Ulmus campestris*) possède un aubier blanc et un bois brun qui se distingue par la présence de deux espèces de vaisseaux; les uns, larges de 50-60/400 millim., sont nombreux, disséminés et présentent une paroi transversale, traversée d'un foramen rond; les autres n'ont pas plus de 5-15/400 millim. de diamètre, sont ponctués, pourvus d'une bande spirale et se présentent plusieurs ensemble sous la forme de groupes ou de bandes irrégulières. Le parenchyme ligneux n'existe qu'en petite quantité et il est rempli d'amidon. Les cercles annuels tendent à se confondre par suite de l'arrangement en forme de bandes des vaisseaux étroits, mais leur existence est néanmoins manifeste (comme chez le Chêne-liége). Les fibres sont très-fortement épaissies; les rayons médullaires sont à une ou deux rangées de cellules et de longueur fort irrégulière. Le bon bois, qui est très-compact, est souvent employé par les charrons et les menuisiers; il est aussi convenable que le Chêne pour les travaux hydrauliques; à l'inverse du Hêtre, qui est très-exposé à souffrir de la piqûre des vers, le bois d'Orme n'est pas endommagé par eux. Venise repose sur un pilotage de troncs d'Ormes et d'Aunes. Comme bois de chauffage, l'Orme est inférieur au Hêtre.

L'Erable (*Acer campestre*) et le Frêne (*Fraxinus excelsior*) donnent un bois compact, durable, traversé de rayons médullaires minces, ayant de 1-3 rangées cellulaires d'épaisseur. Les vaisseaux de l'Erable sont ponctués et, comme chez le Charme, rayés en spirale; chez le Frêne, ces raies sont moins distinctes et il ne paraît pas exister de parenchyme, au moins ne peut-on pas le reconnaître avec certitude au moyen de coupes longitudinales et transversales. Le bois de Frêne est employé à quantité d'ouvrages de menuiserie, il est également travaillé par les charrons et par les fabricants d'avirons; il approche du Hêtre comme combustible. Le bois des Erables a reçu les mêmes applications.

Le Buis (*Buxus sempervirens*) possède peut-être le plus compact de tous les bois. La limite des couches annuelles, assez visible sous la loupe, sous la forme d'une bande de couleur plus foncée, est moins distincte sous le microscope, parce que le bois de printemps est lui-même fortement épaissi. Les rayons médullaires sont courts, au centre ils possèdent ordinairement deux ou trois rangées de cellules et se ter-

minent par une cellule allongée; les vaisseaux sont étroits et rares (15/400 millim.), avec de très-petites ponctuations et un diaphragme scalariforme; les fibres sont assez larges et très-fortement incrustées. Le bois de Buis a une grande importance pour la gravure sur bois; il est presque exclusivement employé pour les xyloglyphies; le meilleur vient du midi de la France et il est probablement originaire d'Algérie.

Nos arbres fruitiers appartenant aux genres *Pyrus* et *Prunus* donnent un bon bois d'usage spécialement employé pour les ouvages de menuiserie et pour la fabrication des mobiliers; ce bois prend un beau poli et chez le Pommier, le Poirier, le Cerisier et le Prunier, il montre des flammes semblables à celles de l'Acajou. Il se distingue, au microscope, par ses vaisseaux beaucoup plus étroits (pas plus de 15/400 de millim. de large) et par ses rayons médullaires plus longs et plus minces, et par conséquent moins renflés au milieu. Le parenchyme ligneux est réparti entre les fibres et paraît être plus abondant chez le Pommier et le Poirier que chez le Cerisier et le Prunier, où il n'existe qu'en faible quantité. Chez le *Prunus lusitanica*, une couche en forme de bande de ce parenchyme constitue la limite des cercles annuels. Les vaisseaux sont ponctués et ils sont garnis d'une élégante bande en spirale chez tous les *Prunus* (Cerisiers, Pruniers, etc.)

Le bois de Noyer présente sur la coupe transversale une disposition rubanée qui est déterminée moins par les cercles annuels qui ne sont séparés que par environ trois rangées de fibres lamellaires, que par le parenchyme ligneux disposé en forme de ruban entre les fibres plus étroites et plus solidement incrustées. Les rayons médullaires possèdent de 1-5 rangs de cellules; les plus étroits sont courts et moins nombreux que les plus larges, qui sont de 2-4 fois aussi longs que larges et par conséquent ventrus. Les vaisseaux larges (75/400 millim.) dont les parois latérales sont couvertes de grandes ponctuations, sont, en outre, traversés par un trou circulaire. Le vieux bois d'un aspect gris-brun est souvent employé pour les objets mobiliers et vient en grande partie d'Espagne. On peut à peine le distinguer anatomiquement du bois de Noyer d'Amérique (prétenduement du *Bertolletia excelsa*), qui vient dans le commerce en blocs énormes et qui lui ressemble très-fort par la couleur et l'aspect extérieur, mais qui est plus compact et plus pesant; en outre ses vaisseaux sont plus étroits et ses rayons médullaires plus courts. Les deux bois sont employés aux mêmes usages.

Le Bouleau (*Betula alba*) donne un bois mou mais tenace ; ses vaisseaux, assez larges, sont formés de cellules courtes, et sont couverts de ponctuations très-petites et très-serrées; leurs diaphragmes sont découpés d'une manière scalariforme; les rayons médullaires sont courts et larges de 1 à 4 rangées de cellules. Les couches annuelles sont nettement marquées. Ce bois est particulièrement en usage chez les sculpteurs et les tourneurs.

Le bois des Légumineuses arborescentes paraît être souvent caractérisé, comme celui de l'Orme, par l'existence de deux espèces de vaisseaux ; ici aussi les plus étroits se présentent plusieurs ensemble et sont disposés en forme de bandes ; ils sont de plus ponctués et pourvus d'un cordon spiral, comme par exemple chez l'*Ulex*, le *Spartium* et le *Genista*. Ce bois est, en outre, caractérisé par des rayons médullaires relativement larges, ainsi que par d'amples vaisseaux. Chez les *Robinia*, *Gleditschia*, *Haematoxylon Campechianum* (bois de Campèche), *Caesalpinia echinata* (bois de Fernambouc), le parenchyme ligneux produit dans le bois une apparence rubanée qui est plus apparente encore chez l'*Erythrina*. Les fibres des bois que nous venons de nommer sont, en général, fortement épaissies et, comme à l'ordinaire, le parenchyme ligneux ne possède ici que des parois beaucoup plus minces. La plus grande quantité de matière colorante des bois de teinture se trouve amassée dans les rayons médullaires et dans le parenchyme ligneux.

Le bois d'Acajou (de Saint-Domingue), produit par le *Swietenia Mahagoni* et renommé à cause de sa belle couleur brune, présente sur une coupe transversale de nombreuses lignes concentriques plus claires qui résultent d'une disposition rubaniforme du parenchyme ligneux : ces stries sont tantôt plus nombreuses, tantôt plus rares, ce qui fait varier la valeur du bois. Les vaisseaux, qui sont assez larges (40-60/100 millim.) sont isolés ou accouplés, rarement disposés par rangées de trois à côté l'un de l'autre sur un même rayon ; leur paroi latérale est fortement incrustée et couverte d'une ponctuation très-fine et très-serrée. Les rayons médullaires, de 3 à 5 cellules, sont larges et courts par conséquent renflés au milieu. Une résine brune suinte dans les vaisseaux et se montre aussi ça et là dans les rayons médullaires. Ce bois est pesant ; il se distingue de l'Acajou du Honduras qui doit appartenir à un autre arbre et qui est plus léger, par des bandes beaucoup plus minces et plus nombreuses de parenchyme ligneux et par des vaisseaux notablement plus étroits. Dans l'Acajou du Honduras, ces

vaisseaux ont une largeur qui va jusqu'à 130/400 mill. et leurs ponctuations sont beaucoup plus étendues. Ces bois se distinguent encore par des rayons médullaires qui, chez le dernier, sont beaucoup plus longs et moins renflés : les vaisseaux et les fibres sont ici remplis d'une résine brune.

Le bois de Palissandre laisse voir sur la coupe transversale une suite de rayures concentriques serrées l'une contre l'autre et semblables à celles de l'Acajou ; ces rayures sont produites par des bandes de parenchyme ligneux interposées entre des fibres fortement épaissies. Ce bois présente, en outre, des dessins irréguliers d'une couleur foncée, qui proviennent d'un surcroît de coloration dans les fibres. Les vaisseaux sont isolés et larges (100/400 millim.) ; leur paroi latérale est couverte d'une puissante ponctuation ; les rayons médullaires épais de 2-3 cellules sont courts et environ deux ou trois fois aussi longs que larges. Le bois de palissandre est très compact et pesant ; sa valeur augmente avec le foncé de la couleur et la beauté des dessins. Dans le bois bien foncé, probablement le plus vieux, il existe des groupes de cellules qui sont remplies d'une substance résineuse d'un brun foncé et représentée, dans les vaisseaux, sous différentes couleurs, depuis le jaune le plus clair jusqu'au plus brun, au bleu et au vert ; cette substance est, en général, à peu près incolore au centre du vaisseau et très-foncée dans le voisinage des parois. Les groupes des cellules qui produisent les dessins foncés sont uniformément colorés en brun.

Quelques Lauriers de Madère, par exemple le Til (*Oreodaphne fœtens*) et le Vinhatico (*Persea indica*), dont le bois a la plus grande ressemblance extérieure et anatomique avec l'Acajou de Saint-Domingue et celui du Honduras, fournissent également d'excellents produits manufacturés. Le bon bois noir du Til est encore plus foncé que celui de Palissandre. Les flammes qui embellissent ces différents bois proviennent des bandes de parenchyme ligneux ; celles du Cerisier, du Pommier et du Noyer résident également dans les cercles annuels. Quant à la pyramide de flammes qui est d'une si grande importance dans le placage de ces bois et qui détermine la valeur vénale des blocs d'Acajou, elle provient d'une division du tronc en forme de fourche ; elle tire son origine de l'axe de la fourchette et s'étend en largeur et en hauteur proportionnellement à l'angle de la bifurcation ; le cours du bois est le plus irrégulier à l'endroit où les deux branches se réunissent sur une coupe tangentielle, suivant laquelle on obtient les plaques ; le bois de bout (bois coupé transversalement) se trouve donc tout près du bois de long (bois

coupé longitudinalement) : ce qui donne lieu aux flammes estimées en ébénisterie. Les points et les stries foncées qui relèvent ces bois quand ils sont polis représentent des vaisseaux coupés transversalement.

Le bois d'Ebène (*Diospyros ebenum*), de même que le bois des queues de billard qui appartient probablement à une espèce d'Acajou et le bois de Grenadille (*Punica granatum*), dont on fait en Espagne les meilleures castagnettes, ont, à l'état d'aubier ou de bois jeune, une couleur blanchâtre ou claire; il n'y a que le bois qui revête une coloration foncée, et que le viel ébène qui soit complétement noir. Si l'on examine ces bois à l'endroit où l'aubier passe à l'état de bon bois, on reconnaît que l'ensemble des cellules qui le composent sont enduites à l'intérieur d'une masse noire et charbonneuse qui pénètre partout dans les canaux poreux comme dans l'espace vide des ponctuations vasculaires, de sorte que tous ces tissus semblent imprégnés d'une matière colorante noire. Cette carbonisation du contenu cellulaire et de la couche intérieure d'épaississement qui n'est pas encore lignifiée, part du centre et s'étend ensuite vers la périphérie jusqu'à ce que finalement les cellules paraissent entièrement teintes en noir dans toute l'épaisseur de leur paroi. La carbonisation semble partir du parenchyme ligneux et se propager de lui vers les fibres et vers les vaisseaux. Ce parenchyme ligneux contient, comme nous savons, une grande quantité d'hydrates de carbone dont la composition chimique se transforme facilement et l'on rencontre dans les vaisseaux du bon bois des masses noires excrétées. Si l'on fait bouillir des copaux d'ébène avec une lessive alcaline, celle-ci se colore bien en brun, mais même après une ébulition prolongée avec une seconde lessive alcaline, la coloration noire du bois ne disparaît pas complétement. D'après Mulder, le bon bois contient de l'acide ulmique; les observations faites sur le bois d'ébène, et que nous venons de rapporter, semblent confirmer cette opinion ou du moins démontrer la transformation de la substance incrustante de certains bois en un charbon d'ulmine. La nigressence du bois d'ébène repose uniquement sur cette transformation; la coloration foncée du duramen d'autres essences, telles que le Chêne et le Mélèze, pourrait bien provenir d'une modification chimique analogue du xylogène. Le Til (*Oreodaphne fœtens*) confirme également cette opinion en ce que son aubier blanc et inodore se transforme insensiblement en un bon bois très-foncé et presque noir qui, dans un tronc fraîchement abattu, répand une odeur nauséabonde résultant indubitablement d'une modification chimique concommitante avec le

changement de couleur. Les rayons médullaires à une rangée de cellules du bois d'ébène sont remplis de grands cristaux.

Les Saules et les Peupliers fournissent des bois d'une moindre dureté. Les fibres de ces deux espèces (*Salix fragilis* et *Populus nigra*) sont larges et faiblement épaissies ; les vaisseaux ponctués sont traversés d'un trou rond (je crois avoir observé une fois chez une autre espèce de Saule des cloisons scalariformes que Hartig figure également) (1). Les rayons médullaires, composés d'un plan de cellules, sont plus courts chez le Saule que chez le Peuplier ; malgré cela le bois de ces deux arbres est difficile à distinguer anatomiquement. Il est employé à la confection de quantité de meubles, mais peu en usage dans les constructions. Le charbon de Tremble (*Populus tremula*) sert à la préparation de la poudre commune, tandis que les menues branches du Padier (*Prunus padus*) et de la Bourdène (*Rhamnus frangula*) fournissent le charbon nécessaire pour la fabrication de la poudre fine. Les baguettes de l'Osier (*Salix viminalis*) sont très-convenables pour faire des cerceaux et des objets de vannerie.

Le bois d'Aune (*Alnus glutina*) et de Coudrier (*Corylus avellana*) ont ensemble beaucoup d'analogies anatomiques. A l'œil nu on croit voir sur la coupe transversale, comme chez le Chêne et le Hêtre, de larges rayons médullaires, mais ils disparaissent sous un examen microscopique. Les raies claires qui s'étendent de la moëlle à l'écorce à travers le cylindre ligneux et qui simulent des rayons médullaires, sont produites par des parties ligneuses où les vaisseaux font totalement défaut. Les rayons médullaires proprement dits sont, chez l'Aune et chez le Coudrier, formés d'un ou de deux plans de cellules ; les vaisseaux, nombreux dans certains endroits déterminés du bois, ont une ponctuation très-fine et fort serrée, et une cloison transversale oblique et scalariforme ; le parenchyme ligneux est rare et ne se distingue que sur une coupe longitudinale radiaire. Le bois de Coudrier est plus compact que celui de l'Aune et les chevrons du diaphragme scalariforme de ses vaisseaux sont plus éloignés que chez ce dernier. Les rayons médullaires du bois d'Aune sont remplis d'une matière brun-rouge et son aubier blanc se colore rapidement de la même nuance à la surface, ce qui ne se manifeste pas chez le bois de Coudrier : il se conserve longtemps sous l'eau, ce qui le fait rechercher pour les constructions hydrauliques, mais il se décompose, au contraire, avec la

(1) T. Hartig, *Naturgeschichte der forstlichen Culturgewächse.*

plus grande facilité sous l'influence de l'atmosphère. Il est employé à divers ouvrages de tour, de menuiserie et de ciselure ; comme combustible, il est loin d'avoir la valeur du Hêtre, mais il surpasse beaucoup le Saule et le Peuplier. Les baguettes de Coudrier sont employées aux ouvrages les plus fins de sparterie pour lesquels elles peuvent être néanmoins remplacées par plusieurs espèces de Genêt, entre autre par le *Spartium Scoparium,* qui, à Madère, constitue presque à lui seul d'épais taillis, dans la partie méridionale de l'île, à une altitude de 2-3000 pieds supramarine (Fig. 21.)

Le Tilleul (*Tilia parvifolia*) et le Marronnier (*Aesculus Hippocastanum*) possèdent un bois blanc et léger. La cloison transversale de leurs vaisseaux ponctués est traversée d'un trou rond : chez le Marronnier, il existe des bandes spirales, fort délicates et correspondant à celles des Prunus ; les vaisseaux ponctués du Tilleul sont, au contraire, pourvus d'une bande spiraloïde très-fortement développée et largement enroulée. Les fibres de ces deux bois sont larges et peu incrustées. Le bois léger du Tilleul est souvent employé par les tourneurs, les menuisiers, les ciseleurs et les sculpteurs qui emploient, d'ailleurs, le Marronnier sauvage aux mêmes usages ; tous les deux se décomposent rapidement dans l'eau.

La Vigne (*Vitis vinifera*) possède un bois d'un caractère tout particulier. Des rayons médullaires très-longs et très-larges traversent le cylindre ligneux qui contient de longues fibres épaissies en forme de spirale et un parenchyme ligneux sans bande spiraloïde mais formé de courtes cellules, dont les cloisons transversales et horizontales sont extrêmement délicates et échappent facilement à l'analyse. Les larges vaisseaux de la vigne présentent toutes les formes intermédiaires entre la trachée et le vaisseau ponctué en passant par le vaisseau scalariforme. Les larges rayons médullaires, ainsi que l'étui de la moëlle et le parenchyme ligneux sont en hiver remplis d'une grande quantité d'amidon. Les pleurs abondants que la Vigne déverse au printemps proviennent de la grande quantité de matières nutritives amassées en automne qui, en se résolvant au printemps, amènent une puissante aspiration d'eau dans le sol.

Enfin le Platane (*Platanus occidentalis*) possède un bois blanc, assez compact mais léger, ses rayons médullaires sont visibles à l'œil nu et formés de 4-5 plans de cellules ; les plus jeunes n'en renferment qu'une ou deux rangées, mais ils s'élargissent dans les cercles annuels postérieurs jusqu'à devenir de larges rayons médullaires qui, comme

chez la Vigne, acquièrent une longueur considérable. Les faisceaux ligneux épais contiennent, à côté de fibres fortement incrustées, de nombreux vaisseaux ponctués dont la paroi transversale est scalariforme (15–24/400 mill. de large) et du parenchyme ligneux qui, sur une coupe longitudinale tangentielle, est distinctement visible. Les rayons médullaires de l'aubier contiennent beaucoup de matière amylacée ; les couches annuelles sont fort tranchées bien que les rangées de cellules d'automne soient peu nombreuses. Le bois de Platane est susceptible de prendre un beau poli.

Connaissant actuellement la structure intérieure et les emplois techniques de nos bois les plus importants, nous pouvons jeter un regard en arrière sur les rapports qui existent entre les caractères anatomiques et les propriétés particulières de ces arbres, ainsi que sur les affinités des familles auxquelles ils appartiennent.

On juge assez bien du degré de dureté d'un bois par la quantité de ses fibres et leur degré d'épaississement. Le bois d'If qui ne se compose que de fibres fortement incrustées, et le bois de Buis dont les fibres sont également toutes fort épaissies et qui ne contient pas de vaisseaux, sont au nombre des bois les plus durs. Le bois du *Brosimum guianense,* de la famille des Antocarpées, dont les vaisseaux peu nombreux sont à leur tour remplis de cellules, lesquelles sont, comme les fibres de cet arbre, incrustées et lignifiées presque jusqu'à disparition de leur cavité intérieure, constitue le bois le plus dur que je connaisse ; il s'enfonce sous l'eau et, brûlé, il laisse un squelette de carbonate calcique. Le bois de Teck (*Tectona grandis* de la famille des Verbénacées) dont les Anglais bâtissent leurs vaisseaux depuis ces derniers temps, et à la culture duquel ils donnent de grands soins dans les Indes occidentales, doit aussi être rangé au nombre des bois les plus durs ; il abandonne une cendre très-riche en carbonate calcique ; en outre ses vaisseaux et son parenchyme ligneux sont çà et là imprégnés d'acide silicique qui persiste, après la combustion, sous la forme d'un squelette siliceux de cellules. Le bois le plus léger que je connaisse est fourni par la racine de *l'Anona paludosa ;* il peut rivaliser avec la moëlle de Sureau ; sauf quelques vaisseaux bien rares et quelques bandes minces de parenchyme ligneux, il se compose exclusivement de cellules larges et courtes, très-faiblement épaissies, qui tiennent la place des fibres. Le bois de tronc des *Anona* est aussi d'une extrême légèreté, cependant ses cellules sont plus étroites. L'*Aeschinomene paludosa* et le *Carica Papaya* possèdent également un bois très-

tendre dans lequel il n'y a que des vaisseaux lignifiés. D'un autre côté la constitution chimique de la matière incrustante des fibres ainsi que la présence de substances minérales ont de l'influence sur le degré de dureté des bois. Les bois de Hêtre et de Charme, par exemple, se débitent tout autrement que les troncs de Chêne, ils sont beaucoup plus secs et plus cassants ; la matière incrustante de leurs fibres paraît être très-hyaline sur des tranches suffisamment minces; leurs coupes transversales préparées pour le microscope s'enroulent sur elles-mêmes tandis que chez beaucoup d'autres bois elles se déploient dans l'eau.

Dans notre climat, la formation du bois est sous la dépendance des saisons et par conséquent sous l'influence indirecte de la périodicité du développement des jeunes pousses. Tant que celles-ci croissent encore en longueur et que les feuilles ne sont pas entièrement étalées, l'arbre emploie à ces deux usages la plus grande partie de la matière nutritive dont il dispose. De là vient que le bois du printemps est toujours plus tendre que celui qui se dépose plus tard et dont les cellules sont fortement incrustées ; ce dernier constitue le bois d'automne. Un arbre dont les rameaux s'allongent pendant longtemps et dont les bourgeons terminaux se ferment tardivement, comme par exemple le Tilleul, l'Aune, le Bouleau, le Coudrier, etc., ne se met que tard à élaborer du bois d'automne ; au contraire, cette élaboration commence plus tôt chez ceux dont les bourgeons se ferment de bonne heure. Dans la racine dont l'allongement cesse beaucoup plus tard que celui du tronc, la formation du bois de printemps se prolonge davantage encore (chez le Chêne, le Hêtre, le Sapin, le Pin, etc.). Le bois printannier a des fibres larges faiblement épaissies, tandis que celles du bois automnal sont fortement incrustées (Fig. 75). Une conséquence naturelle de ce fait c'est que les bois légers, composés en majeure partie de bois de printemps, présentent des couches annuelles plus larges que celles des bois lourds chez lesquels le bois d'automne prédomine. Tous les arbres qui croissent rapidement en hauteur et en diamètre, ont un bois tendre, tandis que tous ceux qui croissent lentement donnent un bois pesant. Tous les arbres tropicaux qui ferment leurs bourgeons fournissent un bois dans lequel on distingue des cercles annuels (*Adansonia, Bombax*), tandis que ceux qui croissent sans interruption ne montrent pas de cercles annuels. Dans tous les cas l'existence de ces zones annuelles ne peut être déterminée que par les couches alternatives de bois d'automne et de bois de printemps complètes et nettement limitées tout autour du tronc. On peut

rencontrer dans une même famille, par exemple chez les Laurinées de Madère qui sont toujours vertes, des espèces munies de cercles annuels (*Laurus Canariensis*), d'autres qui en sont dépourvues (*Persea indica, Phœbe barbusana*), et certaines où il n'en existe que des indices (*Oreodaphne fœtens*).

La station et la constitution du sol doivent également entrer en ligne de compte pour la valeur d'un bois. Ainsi le Pin par exemple, lorsqu'il croît isolé et à l'aise, produit plus de branches que s'il pousse dans un endroit sombre et renfermé : dans le premier cas les cercles annuels sont plus larges mais le bois est plus léger que dans le second où les cercles annuels sont plus étroits. Ce fait résulte de ce que dans les cercles annuels les plus larges le bois de printemps prédomine toujours notablement. La constitution du sol influe aussi sur les dépôts des matières minérales qui s'effectuent dans les tissus ligneux.

Les différences entre le bois de printemps et le bois d'automne sont surtout sensibles chez les Conifères dont les cercles annuels sont en conséquence fort distincts. Un tronçon de tige, épais de quelques pouces seulement, peut se cadraner non-seulement dans la direction des rayons médullaires, mais aussi à la limite des cercles annuels, parce que pendant la dessication, les cellules larges et peu épaissies du bois de printemps prennent un autre retrait que les cellules étroites et fortement épaissies du bois d'automne. Lorsque des troncs fraîchement abattus se dessèchent trop rapidement, on voit souvent se manifester des déchirures analogues, d'où il résulte, par exemple, que le bon bois se sépare facilement de l'aubier. Chez le Chêne et le Châtaignier, la différence entre le bois formé au printemps et le bois formé en automne est beaucoup moindre, bien que le premier renferme de larges vaisseaux entourés de parenchyme ligneux. La racine de Chêne ne laisse quelques fois discerner, à l'œil nu, aucune trace de cercles annuels et c'est à peine si l'on parvient à les distinguer au microscope. Les fibres de ces arbres ont d'ailleurs un cours plus tortueux ; le bois se déchire, par exemple chez le Chêne, dans la direction des larges rayons médullaires, mais il ne se sépare pas dans la direction des cercles annuels.

La dureté d'un bois correspond, en général, à la quantité de matière combustible qu'il contient. Ainsi la racine de tous les arbres que nous avons examinés renferme des cellules plus larges et par suite un bois plus léger que celui du tronc ; or, les racines ou les souches possèdent également une proportion moindre de matières combustibles. Leur bois est ordinairement très-noueux, parce qu'elles émettent, sur le même espace,

beaucoup plus de ramifications que le tronc (Fig. 133). Les bois de Hêtre et de Charme sont ceux qui contiennent le plus de matières combustibles ; ceux du Saule et du Peuplier, au contraire, en renferment le moins. L'époque à laquelle un arbre a été abattu n'est pas sans importance sous ce rapport. On abat le bois à brûler au commencement du printemps ou à la fin de l'automne, mais jamais en été, dans le but de conserver les matières de réserve, amassées en automne et qui, n'étant pas encore dissoutes, augmentent la valeur calorifique du bois d'une manière sensible. Ces matières manquent en été parce qu'elles sont alors employées au développement des rameaux, des feuilles et des fleurs.

La résine que contiennent quelques Conifères contribue, en partie, à

Fig. 133.



leur durée. Le bois de Sapin qui ne renferme pas de résine est plus sensible à l'humidité que celui du Pin, de l'Epicea ou du Mélèze. Le vieux bois de ces trois dernières essences est fortement imprégné de résine et il est par suite beaucoup plus estimé pour certains usages que le jeune bois. Le bon bois, complétement saturé de résine, du Pin des Canaries est presque impérissable, mais il est par contre fort exposé au danger d'incendie. Le tannin contenu dans le Chêne, l'Aune et l'Orme, contribue sans aucun doute à leur durabilité dans certaines circonstances, particulièrement dans les constructions hydrauliques. Enfin les dépôts de carbonate calcique et d'acide silicique augmentent aussi la durabilité des bois (*Tectona, Brosimum*) et ils expliquent pourquoi la valeur de ces espèces ligneuses peut varier d'après leur provenance.

Les cartelles des bois précieux d'ébénisterie sont débitées perpendi-

Fig. 133. Racine d'une vieille souche de Saule.

culairement aux rayons médullaires (en direction tangentielle). Tous les bois durs sont susceptibles de prendre un beau poli; leur parenchyme ligneux et le bois de printemps paraissent alors d'une couleur claire ; la disposition de ces tissus et le cours plus ou moins irrégulier des fibres et des vaisseaux occasionnent les flammes et les chenilles pour lesquelles on recherche les cartelles.

Le parenchyme ligneux dont il est rare que les cellules soient aussi fortement épaissies que les fibres et qui correspond, en général, au tissu cellulaire proprement dit, conserve, ainsi que les rayons médullaires, sa sève pendant longtemps, tandis que les fibres et les vaisseaux perdent bientôt la leur et se remplissent d'air. Une réserve de matières nutritives, telles que de l'amidon, se forme en automne dans le parenchyme ligneux et dans les rayons médullaires; dans quelques cas rares, les fibres restent également actives et se remplissent de matière amylacée, comme chez le *Boehmeria rubra*, Urticée arborescente des Canaries, et chez le *Datura arborea* qui sont tous deux privés de parenchyme ligneux (1). Les matières colorantes des bois de teinture s'amassent également dans les rayons médullaires et dans le tissu cellulaire du bois. Ce dernier entretient en outre la circulation dans les branches annelées, comme nous l'avons reconnu sur le Hêtre. Partout il entoure les vaisseaux. Ces substances ne se forment pas dans les fibres ni dans les vaisseaux, mais leurs parois s'imprègnent simplement de matières colorantes dissoutes; quelquefois le parenchyme ligneux sécrète des matières gommeuses ou résineuses dans les vaisseaux remplis d'air (ce fait s'observe dans une maladie de la Betterave à sucre, chez quelques plantes grimpantes des tropiques, et dans les bois des Calligonum, des Chénopodiacées ligneuses, de l'Acajou et du Palissandre); il peut, en outre, se faire que ces cellules ou bien celles des rayons médullaires produisent des cellules-filles qui pénètrent dans l'intérieur des vaisseaux résinifères, à travers les ponctuations percées dans leur paroi et s'y présentent sous forme d'ampoules qui assez souvent remplissent ces vaisseaux d'un tissu serré à parois délicates. Cette observation peut se faire sur beaucoup de légumineuses, sur le Hêtre et surtout sur des plantes volubiles tropicales. Ces formations secondaires de cellules ont reçu le nom de

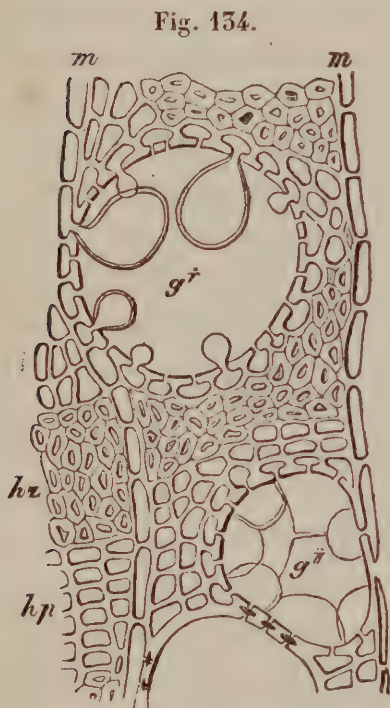
(1) Il en est de même, d'après Sanio, chez l'Epine-Vinette, le Sureau et le Fusain, et d'après Hartig chez l'Erable, le Fuchsia, le Lierre, le Lilas, le Grenadier, etc. Ces fibres ne sont pas ponctuées.

Tyloses (1) (*Tille*) (Fig. 134). Chez l'Aune, le Coudrier, le Peuplier, le Saule, le Bouleau, l'Erable, etc., le parenchyme ligneux est parcimonieusement développé et il échappe facilement à l'observation sur une coupe longitudinale ou transversale, mais on peut l'obtenir en isolant les cellules (2).

La coloration foncée du duramen et de quelques parties du tronc chez certains arbres est probablement produite par la transformation des matières amassées dans le parenchyme ligneux, comme par exemple pour l'Ebène, l'Acacia, le Grenadier et le Chêne.

Le cours des fibres et des faisceaux se règle d'après la longueur et la largeur des rayons médullaires ; lorsque ceux-ci sont longs et minces, comme chez les Conifères (Fig. 128 *a*), la texture du bois est presque droite, mais s'ils sont, au contraire, larges et courts et par conséquent renflés, comme par exemple chez l'Acajou (Fig. 128 *b*), la texture est plus tortueuse et la surface des fentes n'est pas aussi unie.

Fig. 134.



Un petit nombre d'arbres possèdent en même temps des rayons médullaires de deux espèces, des larges et des minces; j'ai fait cette observation chez le Chêne, le Hêtre, le Platane, l'Erica, le Vaccinium, l'Ilex, le Clethra, le Visnea, le Banksia, le Buettneria, le Petraea et le Passiflora. Chez le Cinchona, l'existence de deux sortes de rayons médullaires n'est qu'apparente et provient de ce que ces organes sont larges et formés de plusieurs plans cellulaires au milieu, tandis qu'à leurs deux extrémités ils se terminent en une seule cellule allongée ; il en est de même

Fig. 134. Coupe transversale à travers le bois du *Robinia viscosa* : *m.* et *m.* rayons médullaires, *hp.* parenchyme ligneux; *hz.* fibres ; *g* I. un vaisseau dans l'intérieur duquel de petites cellules ou tyloses (*Tillen*), provenant des cellules latérales du parenchyme ligneux et des rayons médullaires, ont pénétré à travers les ponctuations ; *g* II. un autre vaisseau dans lequel de semblables vésicules se sont disposées en tissu (gros. 200 fois).

---

(1) De τυλος, durillon, tylosus.

(2) L'ignorance de ce dernier fait a été cause de l'erreur commise dans la première édition de cet ouvrage. Il existe d'ailleurs des bois, tels que ceux des *Boehmeria* et *Datura*, où l'existence du parenchyme ligneux est au moins douteuse, même après l'application de cette méthode.

chez les *Thea*. Les rayons médullaires larges sont, en général, appréciables, même à l'œil nu, sur une coupe transversale.

Chez tous les vrais Conifères (*Pinus, Abies, Picea, Larix, Araucaria, Wellingtonia, Thuja, Taxus, Juniperus*, etc.) les rayons médullaires consistent en une rangée de cellules ; chez les *Ephedra* et les *Gnetum*, ils en comportent plusieurs; en outre, les vaisseaux, qui existent dans ces deux derniers genres, manquent absolument chez les Conifères proprement dites. Parmi les arbres à feuilles membraneuses nous trouvons des rayons médullaires à seul plan de cellules chez le Saule, le Peuplier, le Tilleul, le Marronnier sauvage, l'Aune et le Coudrier. Les bois de ces deux dernières espèces présentent cette particularité que certaines parties de leurs tissus disposées en rayons dans le cylindre ligneux sont complétement dépourvues de vaisseaux. La plupart des Légumineuses ainsi que les *Viscum* ont des rayons médullaires à plusieurs rangs de cellules; les plus longs et les plus larges que je connaisse sont ceux de la Vigne et du Platane; enfin ceux de l'Orme, du Frêne, du Pacanier, du Bouleau, du Pommier, du Cerisier, de l'Erable et du Noyer varient entre une et deux ou trois rangées de cellules.

On rencontre des vaisseaux ponctués, munis d'une bande spirale plus ou moins développée, dans les bois de Tilleul, de Charme, d'Erable de Marronnier sauvage, de Cerisier, de Prunier (*P. padus, P. domestica, P. lusitanica*), de Vaccinium et de Visnea. Les vaisseaux étroits de l'Orme, de l'Ajonc et du Genêt sont également pourvus d'une bande spiraloïde. Les cellules de tous ces vaisseaux sont proportionnellement courtes, tandis que les véritables trachées déroulables de l'étui médullaire se composent de cellules très-longues et, en général, plus étroites (1).

Les vaisseaux ponctués dont la cloison transversale est scalariforme sont particuliers au Coudrier, à l'Aune et au Hêtre ; on les trouve en outre chez le Myrica, le Viburnum, l'Ilex, le Vaccinium, le Clethra et le Visnea. Le Platane en présente aussi, mais chez lui il n'est pas moins ordinaire d'observer une perforation circulaire dans la cloison

---

(1) Les trachées et les fausses-trachées de l'étui médullaire se forment de la même manière que les vaisseaux ponctués du bois que Hartig nomme *Holzröhren* (tubes ligneux) et qu'il voudrait voir distinguer nettement des premiers; il n'y a de différence qu'en ce que ceux-là naissent à une époque où le rameau s'étend encore beaucoup en longueur, de sorte que leurs cellules sont obligées de s'allonger avec lui, tandis que les vaisseaux développés ultérieurement ne peuvent plus, en général, s'allonger.

transversale ; enfin cette espèce de vaisseau n'est pas rare non plus dans le *Clethra arborea* et le *Vaccinium padifolium*. L'existence de plusieurs perforations rondes, en forme de ponctuations, dans la cloison vasculaire transversale n'est établie que pour les *Ephedra* et les *Rhizophora;* chez toutes les autres espèces ligneuses dont j'ai fait l'anatomie, je n'ai constamment rencontré qu'une seule perforation. Le bois de beaucoup de Légumineuses et celui de la plupart des Lianes se distingue par la largeur de ses vaisseaux ; notre Chêne et le Châtaignier possèdent la même particularité, spécialement dans leur racine (1).

On observe des fibres munies d'un cordon spiral dans les bois de Buis et de Vigne, en outre chez le *Visnea Mocanera*, le *Vaccinium padifolium* et dans les bois d'automne de l'Epicea et du Mélèze.

La texture madrée d'un bois résulte de l'entortillement des fibres et des vaisseaux autour d'un rameau ou d'un bourgeon auquel la nouvelle couche ligneuse en voie de formation doit faire place. Cette irrégularité de texture peut, par conséquent, se manifester alors même que les rameaux n'arrivent pas à un développement complet, mais que de nouveaux bourgeons naissent continuellement autour d'eux. Il n'est pas rare de la rencontrer au voisinage des renflements corticaux du Hêtre, et près des excroissances noueuses du Châtaignier et du Peuplier qui se couvrent d'un grand nombre de bourgeons. Les dernières couches annuelles des arbres très-âgés, tels que des Sapins, des Châtaigniers et des Lauriers, qui possèdent relativement peu de feuillage, et les souches recouvertes d'écorce du Sapin ou de l'Epicea ont également un bois à cours très-tortueux bien que dans ce cas les bourgeons n'interviennent pas. La privation de nourriture atmosphérique semble agir ici en modifiant la texture du bois. Le bois madré ne se fend pas aisément ; il est en général, très-compact parce que ses cellules sont fortement épaissies ; on s'en sert pour le placage et la confection de menus objets.

Le bois de la souche ou de la racine des arbres (Fig. 133) est plus ramifié et par conséquent plus difficile à fendre que le bois des troncs ; il n'est pas aussi convenable pour les constructions et il est surtout fort inférieur à celui des arbres qui ont crû dans un taillis serré et qui par

(1) En général les diaphragmes horizontaux sont percés d'une perforation arrondie et les diaphragmes obliques le sont suivant un système scalariforme. D'après Hartig, les vaisseaux du bois de Gaiac (*Guajacum*) sont remplis de résine et ceux du bois de Réglise (*Glycyrrhiza*) de substance saccharine (*Süssholzzucker*).

suite se sont peu ramifiés. Aussi longtemps qu'une branche ou un rameau continue à vivre, les nouvelles couches ligneuses qui se déposent dans le tronc doivent lui faire place et s'étendre à l'entour. Mais lorsque les branches de la partie inférieure d'une cîme viennent à mourir, le nouveau bois ne tarde pas à en recouvrir le chicot et à en effacer toute trace apparente à la surface du bois (1).

Le bois est plus ou moins compact chez les Palmiers, les Dragonniers et, en général, chez les monocotylédones arborescentes dont le tronc continue à s'épaissir pendant longtemps; il n'est pas souvent, comme celui des dicotylédonés, nettement distinct de la moëlle qui consiste ici en tissu cellulaire plus tendre et dont les faisceaux vasculaires sont autrement constitués (Fig. 25). Lorsque les fibres de faisceaux vasculaires sont fortement incrustées et que le parenchyme interposé entre eux se lignifie, il en résulte un corps ligneux d'une grande dureté qui est d'ailleurs susceptible de s'accroître avec l'âge de l'arbre. Le bois des *Astrocaryum, Caryota, Phœnix et Corypha* est beaucoup plus tendre au centre du stipe que dans le voisinage immédiat de la zone génératrice où il présente souvent la dureté du fer. Les fibres de quelques Palmiers sont quelquefois colorées en brun foncé comme les cellules lignifiées de la gaîne qui entoure les faisceaux vasculaires de certaines fougères tropicales; cette coloration donne à ces bois un assez bel aspect et les fait rechercher pour en façonner des cannes ou des manches de parapluie (*Phœnix dactylifera*). Chez le Dragonnier (*Dracoena Draco*), dès qu'une branche a terminé sa croissance en longueur, il se forme un véritable cercle ligneux, de constitution assez compacte, mais dans lequel la structure des monocotylédones n'est pas reconnaissable.

Quant aux Fougères arborescentes, on ne peut pas leur attribuer du bois proprement dit. En effet, les bandes dures et lignifiées, ordinairement de couleur brun-foncé ou noirâtre (Fig. 77 *a.* et *b*), qui environnent les faisceaux vasculaires de leur tige ne proviennent pas du cambium propre de ses faisceaux, ne consistent pas en fibres proprement dites et ne sont pas ponctuées. On doit, avec M. H. Mohl, les considérer comme du parenchyme lignifié.

L'écorce, pour être convenablement connue au point de vue de sa structure et de sa végétation, doit être étudiée à partir de son appari-

---

(1) Voyez sur la structure du bois: Hartig, *Bot. Zeit.* de 1848 et 1859. — Cordes, *Europesche Houtsoorten.* Haarlem, 1857.—Sanio, *Im Winter stärke führende zellen des Holzkoerpers,* etc. Halle, 1858.

tion, parce que cette partie de l'arbre subit des modifications considérables suivant l'âge auquel on l'examine. Nos connaissances sur l'anatomie et la croissance de l'écorce étaient fort incomplètes jusque dans ces derniers temps et elles ne sont d'ailleurs pas encore assez complètes. (1) — Nous nous arrêterons avec le plus de complaisance sur les tubes criblés (*Siebröhren*) comme étant l'espèce la moins connue des cellules de l'écorce : ils ont été découverts par Hartig et ont été nommés cellules clathracées (*Gitterzelle*) par Hugo Mohl (2).

On peut, dans l'état actuel de nos connaissances, distinguer trois formes de tubes criblés, savoir : 1° les cellules en rangées longitudinales allongées verticalement et dont les cloisons transversales sont horizontales et réticulées, comme par exemple chez les *Cucurbita* (Fig. 135 *A*) et le *Carica papaya* ; 2° les cellules en rangées longitudinales, allongées et séparées les unes des autres par des cloisons transversales obliques qui présentent des épaississements scalariformes dont les parties amincies sont fort délicates et cependant elles-mêmes réticulées, comme chez les Bignoniacées (Fig. 135 *B*), et enfin 3° les cellules allongées dont les parois latérales placées dans la direction des rayons médullaires présentent des amincissements circulaires ressemblant à l'auréole des ponctuations des Conifères, mais qui sont ici finement réticulées, comme, par exemple, chez les Conifères (où je les avais décrites, dans la première édition de ce livre, comme étant des fibres de liber non lignifiées, et à parois délicates (Fig. 135 *C*). On considérait les tubes en crible comme essentiellement caractérisés par leur présence dans le liber et par leur mode particulier d'épaississement, mais on rencontre cependant, par exemple chef l'If, des cellules allongées à parois délicates, sur lesquelles on distingue assez confusément des pores cribriformes ou cancellés, bien que, par leur position et par leurs autres caractères, on ne puisse les considérer ni comme de véritables fibres libérines ni comme du parenchyme de liber. Je crois

---

(1) V. T. Hartig, *Naturgeschichte der Holzgewachse.* — Hanstein. *Bau und Entwickelung der Baumrinde.* Berlin, 1853.— V. Mohl, *Vermischte Schriften,* p. 221, et *Bot. Zeit.* 1855.

(2) *Siebröhre* (*cellula cribrosa* de Schacht) tube criblé, c'est-à-dire en forme de crible ou de tamis, de *Sieb* crible (*cribrum*) et *Rohre* tube (*tubus*).—Le nom de *Gitterzelle* (*cellula clathrata*) donné par Mohl, peut se traduire par *cellule clathracée* (*Clathrum* grille), c'est-à-dire en forme de grillage ou par *cellule cancellée* (*cancelli* treillis) c'est-à-dire en forme de treillage. — Voyez Hartig, *Ueber die querscheidewande zwischen den eenzelnen Gliedern der Siebröhren in Cucurbita pepo, Bot. Zeit.* 1854, p. 51, et H. Mohl, *Einige Audendungen über der Bau des Bastes. Bot. Zeit.* 1855, p. 873. Nous les avons plusieurs fois désignés sous les noms de vaisseaux poreux ou cribriformes (p. 29, 31). (*Note du traducteur.*)

donc, avec Hartig, que si l'on veut comprendre les tubes criblés parmi les éléments essentiels du liber des végétaux dicotylédones, on doit les définir, en général, comme étant des cellules allongées, disposées verticalement, à parois délicates, situées dans l'écorce secondaire et qui ne sont pas du parenchyme de liber. Leur paroi est en elle-même d'une structure particulièrement lâche, ce qui donne aux pores clathracés un aspect gaufré et brillant. L'épaississement réticulé de ces pores, qui, avec un faible grossissement (200 fois), paraît ponctué en crible, n'est souvent bien reconnaissable qu'à l'aide d'un très-bon microscope. Chez les arbres à feuilles membraneuses, ces pores se présentent surtout sur la paroi transversale, et, d'après Mohl, sur les parois latérales, chez le Poirier et la Vigne ; chez les Conifères ils n'existent absolument que sur la paroi latérale ; les tubes criblés ont, chez ces végétaux, beaucoup d'analogie sur leur longueur et leur largeur avec les véritables fibres du liber ; tous deux sont en outre deux ou trois fois aussi larges dans la racine que dans le tronc, mais, même chez l'Araucaria, les tubes criblés ne sont jamais pourvus que d'une seule série de pores réticulés.— Ces tubes paraissent contribuer pour une certaine part, avec les autres cellules du liber, à la descente de la sève ; ils ne contiennent jamais d'amidon, matière que l'on trouve souvent dans le parenchyme du liber et dans les rayons médullaires ; leur disposition varie suivant les plantes; ainsi ils forment des bandes chez les *Bignonia*, *Vitis*, *Taxus*,

Fig. 135.



Fig. 135. Les trois formes types des tubes criblés : *A*. du *Cucurbita pepo*, où la cloison transversale est dans l'état normal, bien que peu développée encore parce qu'elle est entourée d'une couche muqueuse qui se prolonge en forme de filament à travers le centre de la cellule. *B*. d'une espèce indéterminée de *Bignonia*. *C*. de la racine de *l'Araucaria brasiliensis*. Toutes trois gross. 200 fois. *a*. la cloison transversale de *A*. vue d'en haut ; *b*. partie de la cloison oblique de *B*; *c*. deux ponctuations criblées de la cloison latérale de *C*., toutes trois gross. 400 fois.

Cupressus, Wellingtcnia, Araucaria; ils constituent des groupes de bandes chez les Abiétinées ; il est plus rare de les voir disséminés entre les autres éléments du tissu libérin ; chez les arbres angiospermes, ils se distinguent, en général, sur une coupe transversale des cellules du parenchyme, à leur section plus large, tandis que chez les gymnospermes (Conifères) au contraire, ils sont plus étroits que ces cellules. On n'est pas tout-à-fait sûr, mais il est probable que les tubes criblés subissent ultérieurement certaines modifications et que certaines formes cellulaires que l'on trouve dans les parties anciennes de quelques écorces (Sapin, Epicea et Mélèze), que j'ai nommées fibres libérines secondaires, proviennent de ces tubes ou bien naissent dans leur intérieur. Hartig croit qu'il peut en naître plus tard des fibres de liber (*Bästfasern*). Chez le Wellingtonia et d'autres Conifères, on les retrouve desséchés et colorés en brun dans l'écorce crevassée (*Borke*), et alors les pores clathracés y sont bien distincts. — J. Harstein a tout récemment signalé dans la tige et les feuilles de beaucoup de végétaux monocotylédones des formations semblables aux tubes criblés, qui contiennent tantôt un suc laiteux (les *Allium*), tantôt des faisceaux de cristaux (*Tradescantia*, *Alstrœmeria*), et qui, chez quelques plantes, deviennent très-analogues à un vaisseau laticifère non ramifié, par la disparition de beaucoup de cellules disposées en série longitudinale. Ils se rencontrent également à l'extérieur du système vasculaire (1).

L'écorce de la jeune branche de Sapin (*Abies pectinata*) est entourée d'un véritable épiderme sur lequel se développent des poils courts et pluricellulaires. Cet épiderme meurt, dès l'été de la première année, avec quelques couches de cellules sous-jacentes, parce qu'il se forme vers le mois de juillet, une couche de périderme en-dessous de ces cellules. L'écorce, jusqu'alors colorée en vert, devient jaunâtre ; les parties mortes extérieures se dessèchent et se crevassent tout en se maintenant pendant plusieurs années ; petit à petit le revêtement tomenteux disparaît et la couche lisse de liége coriacé et blanchâtre recouvre l'écorce à la place de l'épiderme. Dès la première année de la vie du rameau il se forme, dans la partie primitive de l'écorce, de larges conduits résinifères verticaux ; ils résultent, comme ceux de la feuille, de la disjonction de certaines séries de cellules, puis les cellules qui entourent ces nouvelles lacunes se divisent de manière à développer

---

(1) Hartig, *Bot. Zeit.*, 1853 et 1854. — V. Mohl, *Bot. Zeit.*, 1855. — J. Harstein, *Jahresberich der Berliner akademie*, 1859.

un épiderme sécernant d'où la résine suinte plus tard dans le conduit. Ces réservoirs de résine de l'écorce ont absolument la même structure que ceux des aiguilles (Fig. 18). L'écorce primitive contient, en outre, entre les petites cellules parenchymateuses renfermant de la chlorophylle et de l'amidon, d'autres cellules plus grandes remplies d'un fluide visqueux et gommeux, et que, vu leur contenu, je nomme cellules à bassorine. Il n'y a que l'écorce primitive du Sapin qui forme des conduits à résine. Quant à la racine, la plus grande partie de son écorce primitive meurt de bonne heure, de sorte que les conduits résinifères lui font défaut alors que dans le tronc ils récèlent de la résine et conduisent de l'air. La partie d'un jeune rameau engendrée par la zone génératrice et par le cambium du système vasculaire qui se confond avec elle, ou, en un mot, l'écorce secondaire se compose en grande partie de tubes criblés (Fig. 135 *b*) disposés en groupes séparés les uns des autres, suivant une direction par des plans de parenchyme libérin et suivant l'autre direction par des rayons médullaires. L'écorce croît à mesure que le cylindre ligneux s'épaissit, mais d'une manière beaucoup plus restreinte. Pendant les six ou huit premières années, l'écorce ne possède pas de cellules lignifiées, mais on trouve des cristaux dans le parenchyme libérin qui environne les tubes criblés. La vie de la partie la plus ancienne de l'écorce secondaire se modifie en ce moment; en effet, les tubes criblés disparaissent de plus en plus de leurs groupes et à leur place se présentent des cellules extraordinairement ramifiées, fortement épaissies et lignifiées et, qui selon toute vraissemblance, sont nées de ces tubes ou plutôt dans leur intérieur. Les cellules des rayons médullaires qui séparent l'un de l'autre les faisceaux de liber, se sont, pendant ce temps, agrandies et multipliées; il en est de même de l'écorce primaire qui s'est accrue de telle sorte que les conduits résinifères qui s'y trouvent se sont notablement élargis dans le sens de la tangente, enfin le périderme qui enveloppe le tout, a dû nécessairement se prêter à cet accroissement de volume. — Dans la racine, la transformation que nous venons de décrire est, paraît-il, un peu en avance, toutes les cellules y sont plus larges et elles contiennent en automne plus d'amidon que celles du tronc.—Jusqu'à la soixante-dixième ou la quatre-vingtième année, l'écorce de Sapin reste en général lisse; sa surface extérieure est d'un blanc rougeâtre ou bleuâtre et conserve encore les cicatrices des anciennes aiguilles tombées depuis longtemps; on remarque souvent auprès d'elles de petites excroissances subé-

reuses ou lenticelles. Çà et là on remarque des bosselures résineuses, c'est-à-dire des mamelons arrondis qui cèdent avec élasticité sous une faible pression et qui, si on les ouvre, laissent échapper une résine épaisse et blanche. Les conduits résinifères primitifs sont en ce moment, en général, méconnaissables et cette substance s'est rassemblée dans de plus vastes réservoirs qui deviennent les mamelons dont nous parlons. Il n'est pas rare de rencontrer dans la même forêt, l'un contre l'autre, deux Sapins dont les écorces ont un aspect tout différent; un arbre centenaire, par exemple, peut avoir conservé une écorce lisse, tandis que chez un autre elle peut être devenue raboteuse et être formée d'écailles crevassées de forme et de grandeur inégales. Les bûcherons distinguent les troncs lisses sous le nom de Sapins vitreux (*Glastannen*). Les écailles qui résultent du crevassement de l'écorce et qui ne tombent pas, sont pourvues, au moyen de leur liége coriacé (*Lederkork*), d'un épiderme blanc et lisse. Chez l'Epicea, au contraire, les écailles de crevassement, beaucoup plus petites, plus arrondies et peltiformes, sont elles-mêmes recouvertes partout de petites squammes effeuillantes de périderme.

Le fendillement de l'écorce (*Borke*) résulte ici, comme partout ailleurs, d'une formation subéreuse qui pénètre dans le tissu même de l'écorce, et à la suite de laquelle tout ce qui se trouve en dehors de cette formation doit mourrir. Les Sapins décrépis du *Wurselberg* qui sont âgés de 400 à 700 ans, ont tous formé de l'écorce crevassée, tandis que les pieds plus jeunes de la même localité possèdent une écorce lisse. Le crevassement de l'écorce paraît se faire tantôt plus tôt, tantôt plus tard, suivant les individus, sans que jusqu'à présent on connaisse la cause de ces différences, car on n'en peut découvrir aucune autre entre un Sapin vitreux et celui qui se revêt de bonne heure d'une écorce rude. Le périderme de Sapin se compose de cellules modérément épaissies, remplies d'une substance d'un brun-jaune ; il se reforme successivement à partir de l'intérieur à mesure qu'il se décompose insensiblement à la surface, tout en ne s'effeuillant pas. La couleur blanchâtre de l'écorce de Sapin est produite par la présence de l'air dans les cellules des couches mortes superficielles du périderme. Fraîche, cette écorce est d'une couleur jaunâtre à l'intérieur qui devient brunâtre à l'air ; dans la racine elle est brun-rougeâtre. L'écorce des troncs les plus vieux que j'ai examinés, mesurent à peine, y compris la partie rude, un pouce d'épaisseur. L'écorce de Sapin peut s'employer pour le tannage; elle contient de nombreux cristaux et, par con-

séquent, beaucoup de substances minérales qui consistent surtout en oxide calcique combiné à des acides végétaux dans les localités salubres. Les mousses et surtout les Lichens s'implantent rarement sur l'écorce lisse du Sapin, tandis qu'au contraire l'écorce déchirée des vieux arbres est lestement envahie par une foule de plantes parasites quand la station est humide ou autrement défavorable. On retire de l'écorce de Sapin une térébenthine très-fine; pour cela on grimpe sur les arbres et on vide les protubérances résineuses.

Chez l'Epicea (*Picea vulgaris* Link), les toutes jeunes branches sont recouvertes d'un épiderme qui meurt bientôt, avec quelques-unes des couches de cellules situées en-dessous, et ce à la suite du développement prématuré d'un périderme dans l'épaisseur de l'écorce primitive. Comme chez le Sapin, les conduits résinifères se forment de bonne heure, mais les grandes cellules remplies d'un contenu mucilagineux qui existent dans cet arbre, manquent ici. Un autre point de ressemblance entre ces deux essences est la formation, au moyen de la zone de cambium, de groupes de tubes criblés, séparés par du parenchyme libérin et traversés par des rayons médullaires. Vers la huitième ou dixième année ces tubes clathracés disparaissent successivement des parties les plus anciennes, pour faire place à des cellules courtes, fortement épaissies et lignifiées : celles-ci correspondent exactement par leur position aux cellules ramifiées et incrustées de Sapin ; elles sont réparties en groupes comme l'étaient antérieurement les tubes criblés dont il est vraisemblable qu'elles proviennent. Dès que l'écorce se crevasse, ce qui a lieu chez l'Epicea d'habitude la trentième et la quarantième année, les conduits résinifères verticaux disparaissent de l'écorce active, parce que la partie qui les contenait primitivement meurt. Le crevassement pénètre ensuite de plus en plus profondément vers l'intérieur de l'écorce, de sorte que dans la partie rude et fendillée des vieux troncs on trouve non-seulement le parenchyme mort mais encore des groupes de cellules lignifiées ; ceux-ci sont distincts même à l'œil nu et se présentent sous forme de taches jaunes qui, sur une coupe transversale ou longitudinale, contrastent avec les autres tissus d'un brun foncé, caractère qui ne se retrouve pas dans les autres Conifères. Le périderme de l'Epicea qui donne lieu à l'écorce crevassée, est à peine comparable au liége coriacé de Sapin et se rapproche plutôt de celui du Pin ; sa superficie s'effeuille sous forme de petites écailles. Par suite de cela, les plaques rondes ou scutiformes de l'écorce crevassée de l'Epicea sont toujours recouvertes de petites squammes ou pelli-

cules superposées, ce qui les distingue essentiellement de celles du Pin. L'écorce d'Epicea est flexible lorsqu'elle est fraîchement enlevée et, parsuite, d'un excellent usage pour la couverture des huttes ; on en façonne également de vastes réservoirs où l'on rassemble la résine brute de l'arbre : enfin elle est souvent employée au tannage (Fig. 137).

L'épiderme d'un jeune rameau de Pin (*Pinus sylvestris*) meurt de

Fig. 137.



bonne heure comme celui des autres Conifères ; les conduits à résine verticaux se trouvent également dans l'écorce primaire ; en outre il se

Fig. 137. Tronc de l'Epicea (*Picea vulgaris* Link).

forme dans la zone génératrice des faisceaux de tubes criblés, séparés par des rayons médullaires et dont le parenchyme libérin environnant est, comme chez le Sapin et l'Epicea, rempli de cristaux très-développés. Les tubes cribriformes ont ici la mollesse et la constitution de ceux de tous les autres Conifères, mais ils ne se modifient pas avec l'âge ; ils se desséchent simplement, à la suite de la formation d'écorce crevassée dont les fentes pénètrent latéralement et il ne se forme pas de cellules-filles : les cellules lignifiées des écorces de Sapin et d'Epicea font donc défaut ici. L'écorce primaire meurt de bonne heure et les conduits à résine verticaux disparaissent avec elle. Le périderme se développe par couches et de telle sorte qu'une couche qui est composée de plusieurs plans de cellules, s'épaissit fortement, tandis que l'autre conserve des parois délicates : les cellules lignifiées se relient l'une à l'autre en rayonnant (Fig. 12). Cette couche, fortement incrustée, en se desséchant ensuite, se contracte d'une autre manière que celle qui la suit et dont les parois sont restées minces, ce qui les fait se séparer l'une de l'autre : il en résulte que le périderme, qui est souvent cristallifère, s'effeuille par couches. — La partie inférieure d'un vieux Pin est, en général, d'une teinte noirâtre et recouverte de nombreuses couches d'écorce crevassée ; la partie supérieure du tronc, ainsi que les branches, ont la couleur de la rouille et les écailles plates, aîlées et d'un rouge-brun ou jaune de leur rude écorce s'exfolient l'une après l'autre. La forme de ces écailles est caractéristique, elles ne présentent jamais d'angle droit et s'observent, en général, le mieux sur les troncs âgés. L'écorce crevassée (*Borke*) du Pin se distingue par ses nombreuses couches planes dans lesquelles il ne se présente jamais de cellules libérines lignifiées, et par les cercles de périderme parcheminé de ses écailles. Les petites squammes péridermoïdales de l'Epicea lui manquent. Cette écorce n'est pas d'un bon emploi pour le tannage (Fig. 138).

Fig 138.



La formation d'écorce du Mélèze (*Larix europæa*) est semblable à

Fig. 138. Partie inférieure d'un tronc de Pin (*Pinus sylvestris*).

celle du Pin. Les conduits à résine verticaux de l'écorce primaire se perdent de très-bonne heure avec l'épiderme, mais il se forme plus tard pour les remplacer, aussi bien dans le tronc que dans la racine, des lacunes résinifères arrondies ou allongées qui ne se trouvent pas chez les Conifères que nous avons examinés précédemment ; cette formation se représente, il est vrai, d'après Mohl, chez l'*Abies sibirica* et le *Pinus strobus*, ainsi que, d'après mes propres recherches, chez l'*Araucaria brasiliensis*. L'écorce secondaire se développe comme chez le Sapin, l'Epicea et le Pin; la formation du périderme correspond aussi à la leur; comme chez eux les cellules épaissies du périderme sont reliées entre elles sous la forme d'étoiles; cependant le périderme ne s'enfonce pas aussi vite ni aussi profondément dans l'intérieur de l'écorce. On trouve dans l'écorce des rameaux d'un certain âge à la limite de l'écorce primaire, des cellules ramifiées et lignifiées comme chez le Sapin ; plus tard les cellules de ce genre ne se forment plus, mais il se développe pour remplacer les tubes criblées, non lignifiés après huit ou dix ans, des cellules fortement incrustées mais sans ramifications et qui sont semblables aux cellules libérines bien connues des quinquinas. Les écailles de l'écorce crevassée du Mélèze, qui ne sont pas aîlées comme celles du Pin par une bordure de périderme, sont caractérisées sous le microscope par la présence de ces cellules libérines secondaires, non ramifiées, incrustées, allongées et isolées. Il se présente en même temps, comme chez les autres écorces, de jeunes faisceaux de tubes criblés, entourés de cellules remplies de cristaux bien et complétement formés et qui plus tard se retrouvent dans l'écorce crevassée. Celle-ci ne s'effeuille pas aussi facilement que celle du Pin; chaque écaille, lorsqu'elle est détachée, présente à sa face interne une coloration rouge-rosée sale. — L'écorce, lorsqu'elle n'appartient pas à de vieux troncs, est employée pour le tannage et la teinture en bleu.

L'écorce des Taxus, Cupressus et Podocarpus se comporte d'une manière toute différente ; au lieu de faisceaux de tubes clathracés, elle forme alternativement des couches concentriques d'un seul plan cellulaire de tubes criblés et de véritables fibres libérines, séparées par plusieurs rangées de parenchyme de liber. Chez l'If les fibres libérines fortement épaissies et lignifiées ne commencent à se développer qu'après plusieurs années; il semble, en outre, que cette formation s'interrompe souvent de sorte que les rangées de liber présentent des espaces vides. Chez les Podocarpus et les Cyprès, ces rangées se pré-

sentent de meilleure heure et leurs cellules arrivent en plus grand nombre à un développement complet. Les rayons médullaires traversent ces rangées. L'Araucaria et le Wellingtonia ont, quant à leur écorce, une structure semblable et l'on distingue particulièrement dans sa partie crevassée des tubes criblés desséchés et brunis.

L'arrangement régulier de l'écorce secondaire qui se développe dans la zone génératrice laisse parfois apercevoir d'une manière assez claire l'existence de périodes annuelles dans la formation successive des couches de liber ; cependant le nombre des cercles annuels de bois n'est jamais en harmonie avec celui des anneaux apparents de l'écorce, parce que celle-ci produit plusieurs de ces couches pendant un même été. L'If rejette sa vieille écorce sous forme de minces feuilles de périderme. (1)

Nous pouvons actuellement nous occuper des arbres angiospermés qui sont totalement dépourvus de lacunes résinifères (2) tant dans leur bois que dans l'écorce. Leur écorce primaire ne se distingue de l'écorce secondaire que par l'absence de rayons médullaires qui, comme chez les Conifères, traversent l'écorce de formation récente ; on reconnaît en outre sur une coupe longitudinale et tangentielle, par conséquent perpendiculaire aux rayons médullaires, le même cours maillé ou réticulé des fibres libérines, des tubes criblés et du parenchyme de liber, que celui que nous avons appris à connaître dans la partie ligneuse du système vasculaire (Fig. 128).

Le Chêne (*Quercus pedunculata*) conserve souvent pendant de nombreuses années un tronc lisse ; j'ai vu notamment des Chênes de trente ans avec une écorce lisse recouverte d'un périderme qui ne s'effeuillait pas. Ce périderme se forme cependant dès les premières semaines de la vie du jeune rameau en-dessous de l'épiderme qui est glabre ou pubescent. Chaque année, il se montre dans l'écorce secondaire plusieurs séries de faisceaux de liber, entourés de cellules contenant de grands cristaux bien et complétement formés ; le parenchyme et les rayons médullaires qui traversent l'écorce, contiennent des matières amylacées, lesquelles existent d'ailleurs en plus grande abon-

---

(1) Th. Hartig donne, dans son *Histoire naturelle des végétaux forestiers,* une description très-exacte des rangées de liber dans l'écorce de l'If.

(2) On remarque dans l'écorce primaire du *Myrsine canariensis* et du *Kleinia nereifolia* des organes qui ont absolument la même structure que les conduits résinifères, mais on ignore s'ils contiennent de la résine ou de la gomme. Les conduits gommifères des Cactées, de l'Adansonia et du Bombax sont aussi semblables aux conduits à résine.

dance dans le cylindre ligneux. La formation de crevasses dans l'écorce (dite *Borkenbildung*) commence lorsque celle-ci atteint un certain âge ; il se développe un périderme dans le parenchyme cortical et l'on voit dès lors périr toutes les parties situées en dehors ; le parenchyme se colore en brun, son contenu disparaît et les fibres du liber se lignifient et jaunissent.

La couche crevassée de l'écorce, déchirée longitudinalement, atteint une assez grande profondeur, mais ne se détache pas du tronc, de sorte qu'elle gagne une remarquable épaisseur (Fig. 139). — L'écorce

Fig. 139.



de Chêne est d'une grande importance pour la tannerie ; on emploie surtout pour l'écorcement les taillis de cépée ; c'est au printemps que l'on pratique cette opération, parce que l'écorce contient alors le plus de tannin.

Fig. 139. Tronc d'un très-vieux Chêne.

L'écorce de Hêtre (*Fagus sylvatica*) ne se crevasse jamais; son écorce primaire est mince; le périderme se forme de très-bonne heure sous l'épiderme qui est muni de longs poils unicellulaires et de stomates. Chaque faisceau vasculaire primitif du jeune rameau développe un groupe de liber qui se présente, sur une coupe transversale, sous une forme semi-lunaire et dont les fibres se lignifient bientôt. Plus tard il ne se reforme plus de véritable liber; le cambium de la zone génératrice se consacre avec une grande prédilection à la formation du bois, de sorte que l'écorce reste mince, mais elle conserve son activité pendant toute la vie de l'arbre. A mesure que le tronc s'épaissit par suite de la formation de nouveaux cercles annuels, l'écorce s'étend en proportion et les faisceaux libérins formés dès l'abord sont dispersés d'une certaine manière en petits groupes séparés par des cellules qui s'introduisent entre leurs fibres. Ces cellules larges et courtes qui s'insinuent entre les fibres du liber se lignifient bientôt après et il s'en forme de nouvelles entre elles quand le tronc s'élargit; à leur tour, celles-ci se lignifient et ainsi de suite. Le périderme qui enveloppe l'écorce se compose de cellules lamelliformes assez fortement épaissies; il meurt, comme chez le Sapin, tout doucement à l'extérieur pendant qu'il se reforme insensiblement en dedans; l'écorce reste donc perpétuellement lisse. Les entailles que l'on y fait se cicatrisent rapidement; aussi les blessures qui peuvent advenir aux troncs de Hêtre, se cicatrisent-elles beaucoup plus facilement que chez les autres arbres. Les cellules herbacées de l'écorce contiennent de la chlorophylle et çà et là de petites géodes cristallines, tandis que dans le voisinage des faisceaux libérins on trouve de plus grands cristaux. L'écorce, même chez les plus vieux arbres est fort mince relativement au bois, mais elle est dure et cassante, grâce à ses cellules lignifiées. La première formation péridermoïdale apparaît dans le tronc immédiatement sous l'épiderme; dans la racine, au contraire, elle se forme dans la zone moyenne de l'écorce primaire; il en résulte que cette écorce primaire est rejetée de bonne heure par la racine, tandis que sur le tronc elle persiste pendant toute la vie de l'arbre (Fig. 140).

L'écorce du Châtaignier (*Castanea vesca*) ressemble peu à celle du Hêtre; elle continue à former des faisceaux libérins et donne plus tard naissance à de l'écorce crevassée.

Le Charme (*Carpinus betulus*) possède une écorce lisse, ressemblant beaucoup en apparence à celle du Hêtre; comme cette dernière, elle ne se crevasse pas et elle s'épaissit peu, mais elle conserve la faculté

de développer, bien qu'avec une certaine irrégularité, des fibres de liber. Son périderme correspond à celui du Hêtre et le tronc reste lisse pendant toute la vie. Ce qui le caractérise, c'est que la production du bois est surabondante en certains endroits, ce qui dépend de la formation raméale et rend le tronc *tortillard,* tandis que celui du Hêtre reste cylindrique.

Fig. 140.



L'épiderme des jeunes rameaux de Bouleau (*Betula alba*) est recouvert de poils monocellulaires et pourvu de stomates ; le périderme propre à cet arbre se forme en-dessous de lui dès les premières semaines ce qui est cause que l'épiderme est, en général, rejeté pendant le premier été. De nombreuses glandes résineuses recouvrent le jeune rameau sous la forme de petits mamelons blancs (Fig. 30) ; le trochée de Bouleau en est spécialement pourvu : ces glandes transpercent le périderme, elles ne durent qu'un été, mais elles laissent après elles de petites tâches brunes appelées lenticelles et qui, protégées par un revêtement de liége, croissent avec l'écorce et s'élargissent chaque année.—Le périderme de Bouleau forme alternativement des couches fortement et des couches faiblement épaissies, et à mesure que les anciennes meurent, de nouvelles les remplacent à l'intérieur ; celles qui périssent se séparent en feuillets. Or les couches peu incrustées, en général de beaucoup les plus larges, contiennent de l'air et par suite paraissent blanches ; celles qui sont plus épaissies, au contraire, sont remplies d'une substance brune et se présentent sous cette couleur ; de là vient que, suivant la manière dont le périderme s'exfolie et suivant le degré de développement auquel il est parvenu, les troncs de Bouleau sont revêtus d'une écorce qui paraît blanche ici et brune ailleurs. Pendant une série d'années le périderme se forme ainsi exclusivement à la surface ; plus tard il s'enfonce irrégulièrement vers l'intérieur, ce qui provoque de profondes déchirures dans le tronc jusqu'alors lisse et forme une écorce crevassée ; celle-ci, grâce

Fig. 140. Tronc cylindrique de Hêtre (*Fagus sylvatica*).

au périderme qui la recouvre, conserve toujours une surface lisse et, en général, une coloration blanche, tandis que les déchirures se colorent en noir par la décomposition des cellules corticales mortes (Fig. 141 et 142). De même que le Hêtre, le Bouleau ne forme qu'une fois



des fibres libérines allongées, qui sont réparties en groupes; plus tard il ne se développe plus que des faisceaux de cellules courtes fortement incrustées et lignifiées. Le périderme brûle avec une flamme claire et peut s'employer pour l'éclairage comme les tisons de Pin. Grâce à la résine qu'elle contient l'écorce de Bouleau est presque inaltérable; on l'emploie en Russie à faire des torches et l'on en extrait une huile essentielle. Le périderme sert à la fabrication des boîtes et d'autres menus objets.

Le Cerisier (*Prunus cerasus*) possède un périderme feuilleté, sem-

Fig. 141. Tronçon de Bouleau (*Betula alba*) avant le crevassement de l'écorce.
Fig. 142. Tronc de Bouleau recouvert d'écorce crevassée.

blable à celui du Bouleau; son écorce, au lieu de résine, renferme une gomme particulière, désignée sous le nom de bassorine.

L'Aune et le Coudrier (*Alnus glutinosa* et *Corylus avellana*), dont le bois a tant de conformité, présentent tout autant de ressemblance dans l'écorce; ils ne forment, tous deux, qu'une seule fois un anneau complet de fibres libérines lignifiées, tandis que plus tard la formation de liber ne se renouvelle qu'aux endroits où il n'y a pas de vaisseaux dans le cylindre ligneux. L'écorce de l'Aune devient rugueuse avec l'âge et s'emploie en tannerie (Fig. 143).

Fig. 143



L'écorce du Peuplier (*Populus nigra*) et celle du Saule (*Salix fragilis*) développent chaque année de nouveaux faisceaux de liber qui sont entourés de parenchyme dans lequel on remarque de grands cristaux. Un périderme la recouvre; plus tard elle se crevasse. L'Orme (*Ulmus campestris*) se comporte de la même manière, bien que le développement des fibres libérines ébauchées soit fort irrégulier. Le Frêne (*Fraxinus excelsior*) produit aussi avec continuité des faisceaux de liber. L'écorce des Saules et des Peupliers contient un alcaloïde particulier, la salicine, que l'on employait autrefois contre la fièvre au lieu de quinquina: Leur tronc se creuse très-facilement (Fig. 144).

C'est chez le Tilleul (*Tilia grandifolia* et *Tilia parvifolia*), dont le tronc reste longtemps lisse et dont la surface se crevasse assez tard, que l'on peut le mieux voir la continuité de la croissance annuelle de l'écorce au moyen de la zone génératrice. En effet chaque faisceau fibro-vasculaire se termine d'un côté dans l'étui médullaire et aboutit à l'autre extrémité par sa partie libérine dans l'écorce primaire (Fig. 74).

Sur une coupe transversale un peu amplifiée, on reconnaît que les faisceaux primitifs sont subdivisés par des rayons médullaires de formation secondaire, et sur une coupe longitudinale, perpendiculaire ou tangentielle à ces rayons, on s'aperçoit qu'ils se prolongent à travers l'écorce secondaire. Les fibres libérines serpentent, comme celles

Fig. 143. Tronc de l'Aune (*Alnus glutinosa*).

du bois et comme les vaisseaux, autour des rayons médullaires. La formation corticale est à peu près la même chez le Baobab et les Bombax; en effet chacun de leurs faisceaux vasculaires primaires se présente sur une coupe transversale sous la forme d'un triangle isocèle dont le sommet touche à la limite interne de l'écorce primaire. Le tissu avec lequel on lie les cigares est du liber de Tilleul que le commerce expédie de Russie en Amérique (1); on y voit à l'œil nu, on ne peut plus distinctement, les rapports des faisceaux fibreux avec les rayons médullaires; ceux-ci occupaient en effet tous les espaces vides qui forment les mailles de la ligature. Ce liber est, comme le lin, préparé par le rouissage qui a pour effet de provoquer la séparation des feuillets concentriques dont il est formé. On emploie également le liber de Tilleul en jardinage pour assujetir les greffes et les oculations; on en fait des nattes, des chaussures, des couvertures, etc. (Fig. 145).

Fig. 144.



L'écorce de la Vigne (*Vitis vinifera*) forme chaque année plusieurs couches de liber, en général trois à quatre, séparées par du parenchyme; ce qui se forme une année périt dès l'année suivante, de sorte que l'écorce n'augmente pas d'épaisseur avec l'âge de l'arbre. La texture filamenteuse d'une Vigne

Fig. 144. Tronc évidé de Saule (*Salix alba*).

(1) Les bottes de cigares de la Havane sont souvent reliées avec du liber d'une Malvacée, le *Paritium elatum* Don. (*Hibiscus elatus Swartz*), qui constitue la filasse de Cuba (*Cuba Bast.*) et qui est d'un excellent usage pour assujetir les plantes à leur tuteur. (*Note du traducteur.*)

âgée provient de la constitution fibreuse de son écorce crevassée produite par les couches libérines.

Le Platane (*Platanus occidentalis*) est caractérisé par ses écailles d'écorce, plates, arrondies et semblables à celles du Pin, sauf que leur contour n'est jamais aîlé comme chez ces derniers. Cette écorce ne développe qu'une seule fois des faisceaux de liber qui se divisent successivement comme ceux du Hêtre : il se forme, en outre, des groupes rubaniformes de cellules fortement lignifiées qui donnent à la partie brune et crevassée de cette écorce une texture délicatement zonée.

Fig. 145.



L'écorce crevassée est ligneuse, son périderme reste lisse et se compose de cellules fortement épaissies.

L'écorce de l'Erable commun (*Acer campestris*) enfin, est recouverte d'une sorte de liége élastique, analogue au liége des bouchons, et qui prête aux vieux arbres un aspect particulier. Ce revêtement subéreux est, comme le périderme du Bouleau, disposé par couches, mais ses cellules élastiques et à parois délicates ne se séparent pas l'une de l'autre par la dessication en forme de membranes ; il en résulte que le liége de l'Erable ne s'effeuille pas ; cependant il s'y fait de profondes déchirures longitudinales ; l'écorce continue à croître sous cet

Fig. 145. Tronc de Tilleul (*Tilia parvifolia*).

abri et elle forme plus tard les faisceaux libérins. Ce fort tégument subéreux n'existe pas sur l'Erable à feuilles de Platane (*Acer platanoïdes*), dont l'écorce se crevasse et s'exfolie à un certain âge (Fig. 146).

Si nous jetons en ce moment un regard en arrière sur les diverses espèces d'écorce dont nous avons parlé et sur les rapports qui existent entre leur aspect extérieur et leur constitution intime, nous sommes forcés de reconnaître ici, comme pour le bois, une grande conformité à côté de profondes différences.

L'écorce de toute jeune tige ou de tout jeune rameau est recou-

Fig. 146.



verte d'un épiderme qui, chez tous les arbres que nous avons examinés, meurt pendant le premier été. Cette destruction provient de ce qu'il se développe, soit immédiatement sous cet épiderme, soit à une certaine profondeur dans le tissu de l'écorce primitive, comme chez toutes les racines, une couche de liége ou de périderme. Cependant le Gui (*Viscum album*) garde son épiderme pendant toute sa vie; le

Fig. 146. Deux troncs, l'un jeune et l'autre âgé d'Erable (*Acer pseudo-Platanus*).

Loranthus, qui est d'une famille voisine, est, au contraire, rejeté par une formation péridermoïdale ; le Houx (*Ilex aquifolium*) garde également le sien pendant plusieurs années, de même que les Cactées et les Euphorbiacées charnues.

Une écorce lisse révèle l'existence d'un véritable périderme ; aussi longtemps que la partie primaire de l'écorce continue à vivre à son abri, le tronc ne présente pas de déchirures et le périderme croît avec lui. — On voit chez le Hêtre, le Sapin, le Bouleau et, en général, chez tous les arbres dont le tronc reste longtemps lisse, un plissement d'écorce aux endroits d'où une branche se détache ; ce repli forme, chez le Hêtre et le Sapin, un triangle très-obtus et chez le Bouleau, au contraire, un triangle plus aigu ; dans tous les cas, la formation de ces plis prouve que le périderme continue à croître avec le tronc. Le Hêtre et le Sapin portent leurs branches presque horizontales, de sorte que l'angle qu'elles forment avec le tronc est fort obtus et la cicatrice formée par le développement du périderme décrit un arc de cercle à surface plane, tandis que dans le Bouleau dont les branches dressées forment un angle aigu avec la tige, la même cicatrice se présente aussi sous un angle aigu. La faculté de s'élargir ou le développement du périderme en largeur s'observe en outre aux endroits des rameaux qui portaient autrefois les squammes protectrices ; ainsi dans le Sapin, le Hêtre, le Cerisier on remarque aisément des plis transversaux correspondant aux mérithalles très-raccourcis des écailles tombées et qui permettent, de même que les appendices squammiformes des Conifères, de déterminer l'âge de la branche.

Les arbres dont le périderme se forme exclusivement à la surface de l'écorce, ne développent jamais d'écorce crevassée ; leurs écorces primaire et secondaire restent actives pendant toute leur vie ; tels sont le Hêtre et le Charme. Mais chez la plupart, l'écorce ne demeure lisse que pendant un petit nombre d'années ; le périderme et le liége naissent dans son intérieur et par suite la surface meurt et se déchire ; on peut citer comme exemples l'Epicea, le Pin, le Mélèze, le Chêne, l'Orme, le Cerisier, le Prunier, le Pommier, le Bouleau, l'Aune, le Saule, le Peuplier, l'Erable, le Tilleul et l'Acacia (Fig. 148), etc. Il n'est guère possible d'adjoindre à cette liste le Sapin qui conserve une écorce lisse, souvent pendant 100 ans et au-delà, il se rapproche dejà plus du Hêtre et du Charme.

La nature du périderme détermine sa manière de vivre ainsi que le mode d'écaillement de l'écorce qui est la conséquence de cette for-

mation subéreuse. Ainsi lorsqu'il consiste en couches fortement épaissies, alternant avec des couches faiblement épaissies, il s'exfolie par la dessication et se détache du tronc sous forme de rubans ou de lames parcheminées, comme chez le Bouleau et le Cerisier. Lorsqu'un périderme de ce genre s'enfonce plus profondément dans l'écorce, celle-ci se détache par plaques ou écailles, comme celles du Pin et du Platane, et la forme de ces fragments est déterminée par le mode de formation du périderme. Le suber de l'Erable champêtre se compose de couches alternatives faiblement ou fortement incrustées ; le liége ordinaire a une structure semblable ; ni l'un ni l'autre ne s'effeuillent, parce que la différence entre leurs couches n'est pas très-prononcée et de plus que leurs cellules sont très-élastiques : on sait en effet que le liége commun est éminemment compressible. On écorce le Chêne-liége (*Quercus suber*) après une période de 7 à 12 années quand la localité est propice ; les jeunes arbres ne fournissent pas encore un liége de bonne qualité qui n'est récolté qu'à la quarantième année. En Espagne, on décortique le liége dans le mois d'août, parce qu'à cette époque l'écorce est moins riche en sève et que, par suite, les blessures qu'on peut lui faire ne sont pas dangereuses; le contraire serait à craindre au printemps. La couche de formation du liége qui entoure l'écorce proprement dite et qu'on peut appeler cambium subéreux, régénère la nouvelle enveloppe subéreuse qui s'augmente ensuite en épaisseur de dedans en dehors au moyen de la même couche ; celle-ci doit donc être soigneusement protégée pendant le pelage. Le *Quercus suber* est originaire de l'Espagne méridionale ; il est rem-

Fig. 148.



Fig. 148. Tronc d'Acacia (*Robinia pseudo-Acacia*).

placé dans le nord de l'Espagne, le Portugal et le midi de la France par une autre espèce, le *Quercus occidentalis Gay*, également subéreuse : tous deux sont des Chênes toujours verts et semblent particuliers à la flore méditerranéenne (1). Le *Quercus suber* n'est pas spontané à Madère mais il y est beaucoup cultivé dans les jardins et dans les parcs ; son tronc y atteint une hauteur de plus de 80 pieds et supporte une cîme forte et pittoresque. Tous les arbres à liége semblent ne pas former d'écorce crevassée (*Borke*). Le périderme du Sapin, du Hêtre, du Charme, du Chêne, etc., n'est pas disposé en couches ; les trois premiers ne forment pas d'écorce crevassée et le dernier n'en rejette aucune partie, de même que le Peuplier, le Saule, l'Aune, etc., qui conservent leur écorce rude et fortement crevassée.

Sanio a publié de minutieuses observations sur la succession des nouvelles cellules subéreuses ou cellules génératrices, dans la couche de formation du liége et il a été conduit à distinguer trois genres de développement du liége : 1° Une succession cellulaire centripète, où la formation de nouvelles cellules se continue par division dans la rangée de cambium subéreux située de leur côté ; 2° une succession de cellules centripète-intermédiaire où la formation des cellules s'opère dans une rangée moyenne et se continue là suivant une direction centripète, et 3° une succession centrifuge de cellules où les générations nouvelles se succèdent dans la rangée supérieure (2). D'après ce que nous avons nous-même observé la formation du liége n'est pas aussi régulière chez le *Mamilaria stellaris*.

Les arbres à écorce lisse et sans déchirures (*Borke*) se guérissent facilement des blessures qui leur surviennent; le Hêtre notamment est remarquable par la manière dont il supporte de grandes plaies et la rapidité avec laquelle il cicatrice les chicots des branches qu'on lui coupe. Des figures et des noms taillés dans l'écorce du Hêtre, du Charme, du Tilleul et du Sapin se cicatrisent très-vite ; les branches et les rameaux de ces arbres se soudent aussi lorsque, blessées, elles se touchent l'une l'autre ; il n'est pas rare de voir des troncs soudés par approche de Hêtre, de Tilleul et de Sapin : on en rencontre dans presque tous les parcs de Tilleuls et dans les haies de Charme ; ce phé-

---

(1) Voyez Willkomm, dans les *Annuaires de Tharan*, v. 1859, p. 138-152.

(2) Sanio, *Ueber den Bau und die Entwickelung des Korkes*, in Pringsheim's *Jahrbücher*, II. Heft. I.

nomène est beaucoup plus rare pour le Pin, l'Epicea et le Chêne. Aussi longtemps que l'arbre ou la branche ne forme pas d'écorce crevassée, toute son écorce est active, tandis que, aussitôt que cette fonction survient, il n'y a plus que les parties intérieures qui vivent : de là vient que les blessures sont presque sans effet et que les branches se soudent facilement dans les espèces qui restent dépourvues d'écorce crevassée.

L'écorce crevassée est morte pour l'arbre : il est même douteux qu'elle soit dans tous les cas nécessaire à la partie vivante qui se trouve en-dessous et qu'elle lui serve d'organe de protection contre le froid de l'hiver, car si cela était les jeunes branches qui ne possèdent pas encore d'écorce crevassée devraient geler en hiver.

La présence de mousses ou de lichens sur la partie crevassée de l'écorce ne me paraît pas pouvoir exercer d'influence sur la vie de l'arbre, mais il en est autrement si l'écorce est encore vivante ; dans ce cas l'envahissement par des végétaux parasites doit être nuisible. Lorsque l'arbre est sain, l'écorce lisse du Hêtre et du Sapin montre à peine par ci par là une légère couche de lichen ; ces végétations ne se maintiennent pas non plus sur l'écorce rude et desséchée du Pin ; mais lorsqu'elle se décompose sous l'influence de la chaleur et de l'humidité, ces cryptogames se montrent immédiatement. Pour cette raison elles recherchent de préférence les endroits moites et humides et toutes sortes d'êtres du règne animal et végétal grouillent toujours en grand nombre dans l'écorce crevassée pourrie et plus ou moins transformée en humus des arbres séculaires. Le lichen ne rend pas l'arbre malade ; il ne paraît, au contraire, que si l'arbre est malade, et il vit des produits de la décomposition de son écorce.

Aussi longtemps qu'une tige ou une branche n'a pas formé d'écorce crevassée, son écorce conserve, à part l'épiderme perdu de bonne heure, toutes les parties constituantes dont elle se compose ordinairement; mais lorsque cette formation a eu lieu, elle entraîne la disparition de l'écorce primaire et plus tard d'une partie de l'écorce secondaire. Ainsi le Sapin, par exemple, conserve pour cette raison ses conduits résinifères jusqu'à un âge fort avancé, tandis que chez le Pin et l'Epicea, ils disparaissent avec les premières couches d'écorce crevassée ; quant au Mélèze, il produit ultérieurement des lacunes à résine arrondies.

Chez toutes les plantes que nous avons examinées, la racine rejette bientôt la partie primaire de son écorce ; de là vient que l'écorce de

nos Conifères ne contient pas de conduits résinifères; le Mélèze et l'Araucaria seuls forment dans l'écorce secondaire les lacunes à résine dont nous avons parlé. L'écorce des Abies, Pinus et Larix produit chaque année et en quelque sorte par couches, des tubes criblés dont les faisceaux sont disposés concentriquement ; ils restent pendant un grand nombre d'années remplis de sève sans se lignifier et se modifient ensuite différemment suivant l'espèce d'arbre à laquelle ils appartiennent. Chez le Sapin il se forme dans leur intérieur, ou peut-être en dehors d'eux, des fibres ramifiées; chez l'Epicea ils sont remplacés par des fibres semblables, mais courtes, fortement épaissies et moins souvent ramifiées; chez le Pin toute la partie âgée de l'écorce périt à la suite d'une formation prématurée d'écorce crevassée (*Borke*) avant que des modifications de ce genre puissent survenir. L'écorce des Taxinées et des Cupressinées, celle de l'Araucaria et du Wellingtonia gigantea développent des rangées de liber, monocellulaires et concentriques, ainsi que des groupes de tubes criblés également concentriques. Ces tubes criblés apparaissent d'ailleurs aussi dans les arbres à feuilles membraneuses, mais il est difficile de déterminer avec précision leur situation pour chaque espèce.

Quelques plantes ne forment un véritable liber qu'une seule fois, comme, par exemple, le Hêtre, le Platane, le Gui, les Menispermum, etc. ; Chez l'Aune et le Coudrier, la formation du liber diminue à certains endroits à partir de la première année. D'autres végétaux, au contraire, produisent chaque année des cellules de liber bien développées et, en général, disposées en groupes, comme, par exemple, le Chêne, le Tilleul, l'Erable, l'Orme, le Saule et même les Loranthus qui ne sont pas, comme le Gui, réduits à une seule formation libérine. Les faisceaux libérins de toutes les plantes que nous avons examinées, présentent dans leur voisinage immédiat des séries longitudinales de cellules courtes qui contiennent de grands cristaux de forme variable suivant les espèces et consistant, d'après Sanio, en oxalate calcique; ces cristaux abondent dans le Chêne, le Saule et le Peuplier; chez le Pin on les retrouve en outre dans le périderme. La présence générale et tout-à-fait régulière de ces cristaux dans le voisinage immédiat des fibres libérines et des tubes criblés pourrait projeter quelque lumière sur les fonctions de ces organes ; il est propable, en effet, qu'ils rejettent dans ces cellules les sels qu'ils renferment en solution et que ceux-ci ne trouvant pas d'issue, cristallisent au fur et à mesure que la solution devient plus concentrée. On trouve

encore dans le parenchyme et dans les rayons médullaires de beaucoup d'écorces, des cristaux ou des cystolithes.

Les écorces qui se crevassent, s'épaississent paraît-il moins que celles qui ne se crevassent pas. Le Sapin, le Hêtre et le Charme ne produisent qu'une faible écorce. Les végétaux arborescents qui, comme la Bette géante (*Beta altissima*), présentent des couches vasculaires concentriques, ne sont également pourvus que d'une écorce des plus minces bien que leur surface ne soit pas sujette à se crevasser : nous pouvons citer à l'appui, le *Phytolacea dioica,* l'*Ipomœa tuberosa,* le *Cocculus laurifolius* et les Chénopodiacées arborescentes des steppes du Kurgistan, que l'académie impériale de Russie à Saint-Pétersbourg m'a données à examiner.

La plupart des arbres contiennent de la chlorophylle dans la partie extérieure de l'écorce active, qu'elle soit de nature primaire ou secondaire ; cette chlorophylle manque dans les parties internes et ne se représente que dans la moëlle des jeunes branches. En automne, on trouve de la fécule dans presque toutes les écorces, mais en proportion variable suivant les espèces : elle prédomine surtout dans la racine. Le tannin est, en général, propre aux écorces, mais tous les arbres sont loin d'en renfermer une égale quantité ; il abonde surtout au printemps dans l'écorce fraîche et c'est pour cette raison qu'on écorce les jeunes Chênes pendant cette saison. Les écorces les plus estimées des tanneurs sont celles du Chêne, de l'Aune, de l'Epicea et du Sapin : en Russie on emploie l'écorce de Bouleau qui donne au cuir de Russie ses qualités particulières.

On observe sur l'écorce lisse des branches de beaucoup d'arbres et d'arbustes de petites tâches brunes ou grises, de forme variable suivant les espèces, et connues sous le nom de lenticelles. Ce sont des hypertrophies locales du suber qui se manifestent à certains endroits de la surface et percent l'épiderme ou le périderme. On les trouve sur le Bouleau, le Hêtre, le Sureau, etc., l'écorce de Sapin en montre également ça et là près des cicatrices foliaires.

Considérant comme écorce tout ce qui se trouve en dehors de la zone d'épaississement, il en résulte que la tige et la racine des monocotylédones et la tige des fougères arborescentes possèdent aussi une écorce. Celle des Palmiers et des Dragonniers grandit comme l'écorce des dicotylédones au moyen de la zone génératrice, mais elle s'épaissit moins en général. On doit également, lorsque des faisceaux de liber isolés apparaissent dans l'écorce, comme chez les Pandanus, Chamœ-

dorea, Phœnix, distinguer ici une écorce primaire et une écorce secondaire, bien que les rayons médullaires manquent dans cette dernière. Une formation subéreuse ou péridermoïdale se développe sous l'épiderme et elle atteint chez le Dragonnier (*Dracœna Draco*) une force considérable. L'écorce de cet arbre ne renferme pas de faisceaux libérins. Les faisceaux de liber qui, chez les Palmiers et les Pandanus, se perdent dans l'écorce proviennent de ramifications des faisceaux vasculaires qui traversent à la base de la tige la zone d'épaississement et dont les cellules de cambium se sont petit-à-petit transformées en fibres de liber ; celles-ci se ramifient de leur côté, s'enfoncent perpendiculairement dans l'écorce et passent dans les feuilles avec les faisceaux vasculaires qui viennent de l'intérieur de la tige. Les fibres libérines se multiplient avec l'accroissement de l'écorce secondaire. L'existence d'une véritable écorce crevassée (*Borke*) est inconnue parmi les végétaux monocotylédonés.

L'écorce des tiges de Fougères, chez lesquelles l'anneau d'épaississement ne reste actif que très-peu de temps, ne s'épaissit pas non plus par la suite ; elle se compose de parenchyme qui est généralement plus lignifié dans la partie extérieure; on n'y a pas encore découvert des faisceaux vasculaires ou libérins dirigés perpendiculairement.

Le bois des arbres et des arbustes, forme pour ainsi dire, le squelette des végétaux ligneux ; il leur donne de la dureté et de la consistance ; une partie de ses cellules, les vaisseaux et les fibres meurent tôt et l'activité vitale ne se conserve que dans le parenchyme ligneux et les rayons médullaires. L'écorce, au contraire, avec tous ses éléments constitutifs, joue le rôle le plus important dans les phénomènes vitaux de la plante. L'écorce d'un jeune rameau couverte d'un épiderme frais correspond à celui de la feuille; aussi ce rameau absorbe-t-il, dans les premiers temps, de la nourriture atmosphérique ; cette écorce peut même, comme le prouvent les Cactées et quelques Euphorbiacées, remplacer, dans certaines circonstances, les feuilles dans leur fonction. Mais dans la plupart des cas, l'épiderme périt bientôt à la suite d'une formation de liége ou de périderme sous lui ; dès lors l'absorption et l'exhalaison des substances liquides ou gazeuses sont anihilées et les feuilles pourvoient désormais seules à l'élaboration atmosphérique.

Le tissu cellulaire de l'écorce élabore des composés différents de ceux du jeune bois qui conduit encore de la sève : le liber produit des principes immédiats particuliers à ce tissu, par exemple le latex des

Gommiers qui fournit le caoutchouc et la gutta-percha ; celui d'autres plantes renferme des substances toxique, comme la morphine et la strychnine ; les terribles poisons dont les Indiens enveniment leurs flèches, l'Upas et le Wurara, sont composés avec le suc de différents arbres qui découle de leur liber (*Euphorbia, Strychnos* et *Urtica*). Les arbres de notre zone font en automne provision de nourriture dans leur écorce, dans le parenchyme ligneux et dans les rayons médullaires de leur aubier, et leur jeune écorce peut au besoin s'en servir comme de matières nutritives, alors que toute fecule a disparu de l'écorce crevassée. Le gibier ronge seulement l'écorce fraîche et dédaigne la couche rude et brune qui ne lui fournit aucun aliment. L'écorce fraîche de Chêne est particulièrement riche en fécule pendant l'automne et l'hiver.

Tandis que la sève absorbée par l'endosmose de la racine et riche en matières azotées s'élève par diffusion à travers le cambium et la partie la plus jeune du système ligneux, en un mot chez les dicotylédones entre le bois et l'écorce, tandis que les rayons médullaires entretiennent une circulation horizontale entre l'écorce et la moëlle ou l'aubier, on constate dans l'écorce, et plus spécialement dans la partie libérine du système vasculaire, un courant de sève descendante. L'étude des décortications annulaires et l'observation suivante, pleine d'intérêt, de Goeppert (1), établissent incontestablement la descente de la sève par l'écorce. Un tronc de Tilleul avait été en partie décortiqué par malignité ; un lambeau d'écorce, séparé du tronc par le dessous et par les côtés, était encore relié avec lui par le dessus ; or dans cette situation ce lambeau continua à former régulièrement de nouvelles couches de bois et d'écorce : il résulte évidemment de ce fait que son cambium était nourri par la sève descendant par l'écorce et qu'il conservait ainsi la faculté d'élaborer du nouveau bois et de la nouvelle écorce.

La décortication complète d'un arbre provoque inévitablement sa mort ; on écorce souvent le Chêne avant de l'abattre et sa tige se dessèche peu de temps après. La décortication partielle ou annulaire est, en général, endurée plus facilement ; lorsqu'on recouvre hermétiquement la plaie qui résulte sur une branche de l'enlèvement d'un anneau d'écorce, avec un tube de verre ou avec du caoutchouc et qu'on empêche ainsi la dessication de la couche de cambium, on voit bientôt se

(1) *Verhandlungen des schlesischen Forstvereins*, 1852, p. 355.

former une nouvelle écorce secondaire : Hartig et Trecul (1) ont fait sur ce sujet de nombreuses expériences. D'un autre côté, si l'on enlève avec un drap, comme Ratzeburg l'a expérimenté la couche de cambium encore humide qui se trouve au printemps sur la partie décortiquée, il ne se forme plus de trace d'écorce même sous le meilleur abri, formation qui ne manque jamais si l'on ne détruit pas la zone génératrice de cambium.

Lorsque la foudre frappe un arbre, elle passe entre le bois et l'écorce, en réduisant celle-ci et l'aubier en éclats. En général, elle ne descend que d'un côté, mais il lui arrive quelquefois de se diviser quand l'arbre est branchu (2).

L'accroissement en diamètre du tronc et des branches repose, comme nous l'avons vu, sur la formation continue du bois et de l'écorce par le cambium du système vasculaire qui, chez nos arbres, se confond avec la zone génératrice.

L'arbre emprunte à l'air et au sol les matériaux nutritifs à l'aide desquels cette formation incessante est rendue possible. Un arbre qui pousse beaucoup de branches produit par cela même un anneau ligneux plus épais et une écorce plus forte qu'un autre qui se ramifie peu. Mais il est vrai aussi, d'un autre côté, que la formation du bois et de l'écorce est plus ou moins locale ; ainsi il se forme, en général, un fort renflement ligneux en-dessous de chaque *Balai de sorcière* (voy. p. 139) qui pousse quelquefois sur les arbres ; de même le côté d'un arbre qui porte le plus de branches et de rameaux, produit plus de bois et d'écorce ; le Charme en est un exemple ; il est par suite de cela ordinairement tortillard. La cîme d'un arbre fait des couches ligneuses plus épaisses que la partie inférieure du tronc, qui est dépourvue de branches, et de là vient que les troncs des arbres croissant dans un emplacement resserré ont souvent la régularité d'une colonne : si les couches annuelles de bois et d'écorce possédaient exactement la même largeur du sommet de la cîme à la racine, le tronc au lieu de représenter une colonne, devrait nécessairement avoir la forme d'un cône. La prédominance de la partie supérieure des couches annuelles relativement à l'inférieure est particulièrement remarquable chez les Sapins âgés ; plus que les autres arbres, ils ont un tronc droit et colom-

---

(1) Th. Hartig, *Naturgeschichte der Holzgewächse.* — Trecul, *Annal. des sciences naturelles*, 3e série, t. XIX et XX.

(2) F. Cohn, *Ein interessanter Blitzschlag. Acta acad.* L. C. XXVI-Pars. I.

naire qui diminue à peine de bas en haut. Il résulte donc de ce qui précède que l'on doit attribuer à une élaboration locale des matières nutritives les renflements annexés aux Balais de sorcières et l'épaississement plus considérable qui s'observe au sommet de la tige; en un mot, une multiplication locale du nombre des branches et des rameaux a pour conséquence directe et immédiate une augmentation de bois et d'écorce (1).

Plusieurs plantes s'écartent du type général suivant lequel le bois et l'écorce se forment chez les dicotylédones; nous en avons déjà parlé précédemment. On peut, en outre, remarquer que les anneaux concentriques de la Betterave, qui se forment en quelque sorte par une scission continuelle de la zone de cambium, consistent chacun en deux couches concentriques entre lesquelles se développe un véritable parenchyme: l'anneau intérieur est le plus âgé, l'extérieur le plus jeune, mais la formation de nouveaux anneaux commence avant que ceux qui les précèdent ne soient tout-à-fait développés, par suite de quoi les anneaux extérieurs grandissent simultanément pendant quelque temps. Il paraît en être de même chez les Chénopodiacées arborescentes; seulement, chez celles-ci, les anneaux ne se montrent pas partout, c'est-à-dire que chez quelques-unes d'entre elles la scission concentrique du cambium ne s'opère pas d'une manière continue, mais par intervalles; en outre la partie intérieure de la tige est souvent autrement constituée que l'extérieure: quelques-unes possèdent des rayons médullaires, comme la Betterave, organes qui manquent chez d'autres (2). *L'Ipomaea tuberosa* présente un phénomène remarquable et qui n'avait pas encore été observé jusqu'ici: cette liane des tropiques produit, déjà dans les jardins de Madère, des tiges plus épaisses qu'un bras d'homme, formées d'anneaux ligneux concentriques: après qu'un jeune rameau a formé, autour d'une moëlle assez large, un cylindre ligneux complétement fermé et muni de longs rayons médullaires à une rangée de cellules et qu'en continuant à croître ainsi il a atteint des dimensions assez considérables, on voit se développer tout autour de l'étui médullaire une

---

(1) Chez quelques fragments de tige de *Calligonum densum* et de *C. Pollini* d'une épaisseur de quelques pouces, certaines parties de leur périmètre présentent même un accroissement ligneux considérable, tandis que d'autres ont déjà cessé de vivre depuis de longues années.

(2) D'après Hartig, les rayons médullaires font aussi défaut chez les Crassulacées, les Primulacées, les Caryophyllées, les Nyctaginées, etc.; je ne les ai pas pu découvrir non plus dans le rhizome du *Viola odorata*.

véritable écorce secondaire pourvue de rayons médullaires, de tubes criblés et de vaisseaux laticifères; cette formation déchire irrégulièrement à trois ou quatre endroits l'anneau ligneux et se réunit au tissu de l'anneau ligneux le plus intérieur. Cette singulière apparition, qui survient dans toutes les branches d'un certain âge que j'ai examinées, explique les irrégularités si remarquables que l'on observe dans la structure de certaines tiges de Bignoniacées (*B. ungius*), où il n'y a plus d'étui médullaire reconnaissable et dont le cylindre ligneux est déchiré. On rencontre, en outre, chez les Lianes, les trois types de végétation que nous avons décrits plus haut, souvent combinés ensemble (Malpighiacées, Bignoniacées et Sapindacées) (1).

On sait que l'on extrait de différentes manières plusieurs espèces de résines des Conifères. Le Mélèze, par exemple, fournit la térébenthine officinale ou térébenthine de Venise; pour l'obtenir voici comment on s'y prend dans le Tyrol méridional : on pratique, au printemps, tout près du sol à la base des troncs les plus âgés un trou horizontal d'un pouce de diamètre qui pénètre jusqu'à la moëlle et que l'on bouche avec un tampon de bois. La térébenthine se rassemble dans ce trou pendant l'été, et en automne on l'en retire au moyen d'un instrument en fer construit expressément pour cet usage. On ne fore, en général, qu'un seul trou dans chaque arbre et ordinairement du côté du versant; il sert pendant longtemps à ramasser et à recueillir la résine (2). La résine d'Epicea (Poix blanche ou Poix de Bourgogne) s'extrait dans le *Thuringer Wald* au moyen de rainures perpendiculaires longues de près d'un pied et larges de deux pouces, creusées dans l'écorce des vieux Epiceas âgés de 80 à 100 ans à l'aide d'une sorte de sarcloir en fer (*Scharreisen*); elles pénètrent jusque dans l'aubier et sont situées à quelques pieds de terre; les gens du pays leur donnent le nom de *lagten :* chaque arbre en porte ordinairement trois réparties sur sa circonférence. La résine, venant de l'aubier, s'y rassemble pendant l'été; elle se durcit à l'air et on la détache, en automne, au moyen du sarcloir, elle est d'abord ramassée dans de grands réservoirs d'écorce d'Epicea ayant la forme de tonneaux. Les rainures sont, tous les deux ans, raclées et élargies; elles s'approfondissent d'elles-mêmes puisque le tronc ne peut s'épaissir là où l'écorce et le cambium font

(1) M. Schacht se propose de publier prochainement un travail détaillé sur la structure des tiges dicotylédones qui s'écartent du type ordinaire et normal.

(2) V. Mohl, *Uber die Gewinnung des venetianischen Terpenthins, Bot. Zit.*, 1859.

défaut. Lorsque les arbres sont très-forts, on ne se contente pas des trois sillons ordinaires, mais on en creuse d'autres successivement. J'ai vu des arbres qui avaient servi pendant 80 ans à l'extraction de la résine et dont les rainures étaient, par conséquent, très-larges et fort profondes.— A Ténériffe et aux grandes Canaries, on récolte la résine produite par le Pin des Canaries; à cet effet on taille dans le tronc, près du sol, des trous plats dans lesquels la résine vient se rassembler; de temps en temps on avive les bords de ces trous. —Le Sapin ne possède pas de résine dans le bois, mais celle-ci s'accumule dans certains endroits de l'écorce des vieux arbres; ils forment des proéminences que l'on ouvre pour récolter ce qu'on nomme la *térébenthine de Strasbourg*. Le Sapin n'est presque pas utilisé dans le Thuringer Wald pour l'extraction de la résine. — Enfin pour obtenir la térébenthine du Pin (Poix de Bourgogne, Galipot, etc.) on a coutume, en Finlande, de décortiquer les jeunes tiges dès qu'elles sont ébranchées et qu'elles ont atteint un diamètre de 4 à 8 pouces; on enlève l'écorce depuis le collet jusqu'à hauteur d'homme en prenant soin de laisser, du côté tourné vers le nord, un ruban d'écorce de 3 pouces de large. Au printemps suivant on détache aussi cette lanière et l'on écorce complétement la tige à 3 pieds plus haut. Ces arbres restent ainsi pendant 2 ou 3 ans, leurs tiges se sèchent et la résine s'accumule dans la partie décortiquée qui est la seule employée. On les abat ensuite à fleur de terre et on les débite en lattes de 2 à 3 pouces qu'on liquifie dans une fosse à goudron qui ressemble assez à un four à charbon de bois; la résine s'écoule par un chenal ménagé au fond de la fosse (1). En Allemagne, on préfère extraire le goudron de la résine des racines des vieux Pins dont on laisse périr les souches en terre: d'après Pfeil, pendant que les parties extérieures et encore riches en sève de l'aubier se décomposent, la résine se retire dans les parties intérieures du vieux bois; on fait alors écouler celle-ci dans les fosses à goudron et l'on obtient, outre le goudron et le charbon, de l'esprit de bois et de l'essence de térébenthine (2).

Ces différents modes d'extraction de la résine proviennent de la diversité de structure des arbres résineux : si le Sapin, par exemple, demande un traitement tout particulier, c'est qu'il ne possède pas de conduits résinifères dans son bois; le Pin, par la nature de ses rayons

---

(1) V. Berg, *über die Wälder Finnlands. Tharander Jahresbericht* 1859.
(2) Pfeil, *Forstbenutzung und Forsttechnologie*. 2e édition, p. 326.

médullaires, est autrement organisé que l'Epicea et le Mélèze. L'état physique de la résine n'est pas non plus sans exercer d'influence sur les modifications du système d'extraction ; elle est la plus liquide chez le Mélèze, un peu plus dense chez l'Epicea et la plus épaisse chez le Pin, en outre ces deux dernières s'épaississent rapidement à l'air. Toutefois la résine s'extrait du Pin des Canaries de la même manière que de l'Epicea. Dans tous les cas la résine semble s'accumuler principalement dans la partie inférieure de la tige et dans la racine ; elle y est, dès l'origine, en proportion beaucoup plus considérable ; cependant les branches les plus élevées possèdent des conduits à résine et produisent cette substance absolument de la même manière que les parties basses de la tige, mais elle tend à descendre, en vertu de sa grande fluidité, par l'effet de la pesanteur et par la direction, en général, perpendiculaire des réservoirs où elle s'accumule. Dans le Pin, la résine a une grande tendance à se porter vers les endroits blessés ou vers les parties mourantes, de même qu'elle s'accumule dans le duramen à mesure que la vie abandonne cette partie du bois. Il est résulté de cette observation que l'on a quelquefois considéré la formation de la résine comme une maladie et que l'on a même supposé que, pendant la résinification, la substance ligneuse des fibres se métamorphosait en résine, mais ces deux opinions sont également erronées. Dans les bois très-résineux, tels que ceux du *Pinus sylvestris* et du *Pinus canariensis*, le bois d'automne, le bois de printemps et les rayons médullaires sont également imprégnés de résine ; celle-ci peut être dissoute par l'alcool et les cellules du bois se présentent alors sans modifications, telles qu'elles étaient avant la résinification. La résine ne peut en réalité se former que par les matières nutritives amassées dans les cellules à parois minces qui environnent les lacunes où elle est excrétée et qui reçoivent incessamment de nouveaux matériaux par l'intermédiaire des rayons médullaires. L'élaboration de la résine ne peut donc se prolonger que pendant la durée de l'activité des rayons médullaires. De là vient, comme Pfeil l'a fait remarquer avec raison, que les souches mortes de Pin n'augmentent pas leur contenu de résine, mais celle-ci se retire simplement de la circonférence vers le centre.

Pour comprendre pourquoi le vieux bois de certains Conifères se remplit de résine de plus en plus chaque année, il est nécessaire d'examiner leur organisation d'un peu plus près. Nous choisirons dans ce but le Pin, comme l'une des essences résineuses les plus riches.

Les conduits à résine perpendiculaires se trouvent ici, comme chez d'autres Conifères, disséminés dans le bois, toujours de telle sorte qu'ils touchent d'un côté au moins à un rayon médullaire ; il arrive même souvent que ce rayon traverse le conduit, si l'on considère comme tel non-seulement l'espace creux du centre, mais aussi les cellules sécrétantes qui l'entourent. Dans ce cas les cellules de ces rayons médullaires qui touchent aux conduits résinifères, ont des parois minces et non-lignifiées (Fig. 149). Les cellules moyennes des rayons médullaires, pourvues de larges pores qui sont fermés par une membrane mince (Fig. 132 *g*.), restent vivantes pendant de longues années ; en automne elles se remplissent de fécule, substance qui apparaît aussi, quand les rayons médullaires sont actifs, dans les cellules à parois minces des canaux résinifères. Hartig les compare, avec raison, au parenchyme ligneux et chez le Pin des Canaries en particulier elles sont constituées identiquement comme dans ce dernier. Au printemps la fécule disparait graduellement ; les granulations contenues dans les cellules perdent même, avant de disparaître, la faculté de bleuir au contact de l'iode et l'on aperçoit près d'elles des gouttelettes de résine ; celles-ci sont sans doute excrétées plus tard dans la cavité du canal. On remarque, en outre, dans le bois encore tout jeune, que les fibres, déjà remplies d'air et situées dans le voisinage immédiat du conduit de résine, se remplissent les premières de cette substance et que cette accumulation de résine s'étend de proche en proche ; de là vient que dans l'aubier des arbres nouvellement abattus, la résine n'apparaît, dans les couches superficielles, qu'en des points épars et qui indiquent l'emplacement des canaux résinifères. On s'explique aisément l'introduction de la résine dans ces fibres remplies d'air en se rappelant que les fibres ponctuées communiquent librement entre elles par leurs ponctuations ouvertes dépourvues de diaphragmes : cette organisation est

Fig. 149.

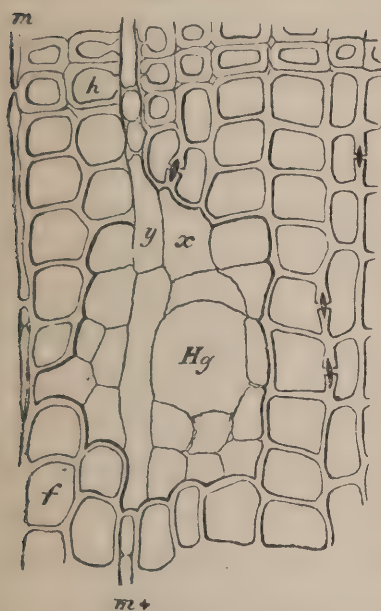


Fig. 149. Coupe transversale de l'aubier de Pin ; *f*. Bois de printemps ; *h*. passage au bois d'automne ; *m*. un rayon médullaire qui touche à un conduit résinifère ; *m'*, un autre qui le traverse ; *Hg*. canal du conduit à résine ; *x*. cellule à paroi mince qui sécrète de la résine ; *y*. cellule semblable mais appartenant au rayon médullaire (gross. 200 fois).

incontestable dans le Pin. Le contact immédiat des rayons médullaires avec les conduits résinifères explique comment ceux-ci reçoivent, même dans le vieux bois, des matières alimentaires ; en outre les cellules parenchymateuses qui forment leurs parois, entretiennent un courant de sève perpendiculaire, semblable à celui qui s'opère dans les autres bois au moyen du parenchyme ligneux. La résine isolée et très-fluide qui s'écoule dans le canal résinifère, doit tendre à descendre ; d'un autre côté elle peut aussi circuler horizontalement par les lacunes horizontales insérées dans les rayons médullaires les plus larges : cette double circulation explique comment la résine de l'Epicea peut venir s'accumuler dans les rainures creusées dans le tronc. Bien que les fibres de l'aubier placées dans le voisinage immédiat des conduits résinifères se remplissent déjà de résine, cependant la résinification proprement dite du Pin ne commence que dans les arbres qui ont atteint un âge de 90 à 100 ans ; elle commence à partir de la moëlle et s'étend graduellement aux couches annuelles superposées ; à mesure que la sève les abandonne, la résine les envahit et prend la place de l'air dans les organes qui en renfermaient. La résinification de l'aubier dépouillé de son écorce prouve également que les choses se passent comme nous venons de les rapporter ; en effet la résine se porte là où la sève abandonne les rayons médullaires. Ce que nous venons d'apprendre explique le procédé adopté en Finlande pour l'extraction de la résine ; les jeunes Pins mourant lentement à la suite de la décortication partielle qu'on leur fait subir, les anneaux annuels se résinifient graduellement à mesure que la tige se dessèche du dehors en dedans ; de plus, les matières nutritives qui se forment dans les parties qui ont conservé leur écorce, favorisent une augmentation de résine. Les cellules des rayons médullaires qui présentent des ponctuations ouvertes, peuvent encore jouer un rôle pendant l'envahissement des fibres du bois par la résine et probablement conduire la résine élaborée par les rayons médullaires dans les fibres ligneuses. Ces cellules manquent aux bois d'Epicea et de Mélèze qui pour cette raison ne se résinifient jamais aussi complétement que celui du Pin.

La quantité de résine que fournit un arbre varie suivant l'emplacement qu'il occupe ; d'après Pfeil, le Pin en donne le plus lorsqu'il croît dans un sol frais argilo-sablonneux et riche en humus ; le même dendrologue assure que le bois à larges cellules est, lorsqu'il est complétement résinifié, plus riche en résine (jusque 60 p. °/₀) que

celui dont les cellules sont étroites ; pour la même raison le bois de printemps est plus riche que le bois d'automne (1).

La résine ne semble avoir aucune influence directe sur la vie de l'arbre ; des Pins qui ont servi à son extraction pendant de longues années, continuent à croître sans aucun symptôme d'affaiblissement. (J'ai vu, par exemple, chez le forestier Liepmann à Katzhutte en Thuringe, une coupe transversale mesurant 32 pouces de Paris en diamètre, qui provenait d'un Pin âgé de 140 ans lequel avait pendant 93 ans servi à récolter de la résine. Les rainures destinées à recueillir cette substance, profondes de 12 à 14 pouces, lui avaient donné la forme d'une croix irrégulière. Le bois était sain et ses anneaux annuels repliés en dedans du côté de chaque rigole ; ceux qui s'étaient formés pendant les 30 premières années de l'extraction de la résine, paraissaient presque plus larges que les précédents, mais pendant les 40 dernières années ils s'étaient rétrécis. Il y avait de la pourriture en un endroit seulement et elle provenait de ce que la rainure n'avait pas été soigneusement entretenue, de sorte que l'eau pouvait s'amasser entre le bois et l'écorce). Cependant la blessure par laquelle s'écoule la résine peut, pour plusieurs raisons, devenir nuisible à l'arbre : l'Epicea qui ne cicatrice pas bien les blessures de son écorce, est principalement exposé à ce danger ; il est d'ailleurs un des arbres qui souffre le plus des ravages que le gibier exerce quelquefois. Mais lorsque les rainures sont raclées avec précaution, la plaie ne fait d'autre mal que celui qui résulte de l'interruption de la circulation dans les endroits décortiqués. En outre, le bois d'un arbre qui aura servi pendant longtemps à l'extraction de la résine, étant appauvri sous ce rapport, sera aussi de moindre valeur pour certains usages déterminés, et partant moins durable. Enfin il est probable qu'un écoulement trop abondant de résine doit diminuer la formation du bois, puisque les proportions ordinaires suivant lesquelles les substances nutritives sont normalement employées à l'élaboration du

(1) Chez le Pin et chez l'Epicea, l'écorce, dont la partie extérieure est bientôt rejetée par suite d'une formation subéreuse, n'est pas directement utile pour l'élaboration de la résine. Dans ce cas les conduits perpendiculaires de résine sont plus larges et en bien plus grand nombre dans le bois que les conduits horizontaux ; les premiers donneront donc vraisemblablement le plus de résine. D'après Mohl, l'Epicea a des conduits de résine perpendiculaires beaucoup plus étroits et moins nombreux que le Pin. Le Pin des Canaries possède les canaux resinifères les plus grands et il est plus riche en résine que nos Pins d'Ecosse (*Förhe*). Il semble que la résine se forme dans les canaux par l'oxydation d'une huile essentielle.

bois et à la production de la résine, sont modifiées dans cette circonstance.

En présence de ce qui précède, je ne puis m'empêcher de remarquer que l'on a tort jusqu'à un certain point de croire, comme on le fait ordinairement, que le bois proprement dit d'un arbre est quelque chose de mort : on est entraîné vers cette opinion parce que les vaisseaux et les fibres ligneuses, pourvues de ponctuations ouvertes, sont en général bientôt remplies d'air ; mais chez les arbres forestiers le parenchyme ligneux de même que les fibres qui sont dépourvues de pores ouverts, restent longtemps (parfois pendant plus de 20 ans) remplies de sève ; chez les Conifères, dont l'aubier reste humide pendant une période encore plus longue, les cellules des lacunes résinifères conservent leur activité pendant tout autant de temps. Quant au cœur du bois, au véritable duramen, il est réellement privé de vie ; on constate en lui des transformations chimiques qui n'ont pas lieu dans l'aubier vivant. Le canal résinifère proprement dit des Conifères, c'est-à-dire le réservoir de résine, peut être exactement comparé aux lacunes aërifères des vaisseaux des autres bois ; plusieurs d'entre ces dernières récèlent d'ailleurs soit de la résine, comme dans l'Acajou, le Palissandre et la Bruyère en arbre, soit une sorte de gomme, comme dans la Betterave et les Chénopodiacées arborescentes. Le parenchyme ligneux qui entoure ces vaisseaux et qui les sépare, correspond aux cellules à parois minces qui circonscrivent les conduits résinifères. Les rayons médullaires et le parenchyme ligneux de certains arbres sont également remplis de résine et celui du *Convolvulus scoparius* se pénètre de cette substance de la périphérie vers le centre lorsque la tige est blessée en quelque point de sa surface, comme cela se passe pour le Pin.

H. Mohl a signalé dans l'écorce certains conduits à résine horizontaux qui s'étendent dans les plus larges rayons médullaires et semblables à ceux qui étaient connus depuis longtemps dans le bois (1). Il a, au contraire, négligé ce point essentiel relativement à la forma-

---

(1) Voyez la première édition de cet ouvrage p. 102 et 103 et *die Pflanzenzelle,* p. 207. — Les rayons médullaires se prolongeant dans l'écorce, il n'est pas étonnant d'y rencontrer des conduits à résine horizontaux. On observe souvent dans le bois de Pin des crevases tangentielles remplies de résine : si on les examine au microscope on découvre qu'au pourtour de ces crevasses les fibres et les rayons médullaires se transforment insensiblement en un tissu parenchymateux délicat, ce qui indique que ces crevasses se sont opérées dans le voisinage immédiat de l'anneau de cambium : en effet des fibres complètes sont incapables d'une pareille transformation.

tion de la résine dans le bois et qui consiste dans la communication directe des rayons médullaires avec les conduits de résine perpendiculaires qui pénètrent le bois.

La coupe des forêts (abattis, recépages) se fait ordinairement au premier printemps, avant la frondescence des arbres, et le plus souvent au moyen de la scie que deux hommes mettent en mouvement. Lorsque le trait de scie a pénétré à une profondeur suffisante, on y enfonce des coins en bois de Hêtre. Alors la cîme s'ébranle, elle chancelle, s'incline lentement d'abord, puis tout-à-coup, comme attirée par la terre, son mouvement s'accélère et tous les arbres, les branches et les rameaux qu'elle frappe sont culbutés, terrassés et fracassés par sa lourde chute. Lorsque le taillis est serré, on l'attaque par l'un des côtés et l'on renverse les arbres à la file ; si l'on se trouve sur le penchant d'une montagne on les fait tomber sur le versant inférieur, enfin, en pleine forêt on a soin de porter son attention sur la direction suivant laquelle on peut abattre les arbres en causant le moins de préjudices possible à ceux qui les environnent. Pour se rendre maître des troncs les plus forts, on doit recourir à la cognée.

Les troncs écorcés sont, en général, aussitôt pelés. L'écorce se détache au printemps avec infiniment plus de facilité et le bois se sèche sans se cadraner : l'un et l'autre sont d'ailleurs imprégnés de tous les principes qui, en d'autres saisons, auraient servi à la formation des jeunes rameaux et qui, par conséquent, seraient perdus au point de vue de la valeur calorifique du bois; de plus, on évite les insectes xylophages qui se nichent volontiers entre le bois et l'écorce. Chez le Pin, l'Epicea et le Sapin, le jeune bois ou aubier des arbres fraîchement abattus est encore humide souvent jusqu'à la vingtième couche à partir de l'extérieur, et chez le Pin et l'Epicéa, cet aubier renferme de la résine. Le bois se fend plus ou moins quand il sèche trop vite et ce, en général, dans la direction des rayons médullaires, de sorte que que l'on doit s'efforcer de modérer le desséchement.

Lorsque l'on veut déterminer l'âge d'un arbre abattu en comptant le nombre de couches annuelles qui se montrent sur la souche, élevée en général de deux pieds au dessus du sol, on doit ajouter quelques années au nombre fourni par les couches annuelles, mais la valeur de cette quotité supplémentaire est variable suivant les espèces. Ainsi, pour des arbres qui, dès leur première période de vie, font une forte flèche, comme par exemple le Pin, il suffit d'ajouter 4 ou 5 années environ, tandis que pour le Sapin et l'Epicea qui restent bien 10 à 12 ans

sans grandir beaucoup, il faut ajouter 10 à 12 années à celles indiquées par les couches visibles. Cependant malgré cette précaution, la vigueur de croissance des arbres est si variable qu'on ne peut guère espérer de déterminer leur âge avec une rigoureuse exactitude par ce procédé ; il ne présente ce degré de certitude que relativement aux branches et aux rameaux.



Kiefer.

Pin.

VIII.

La fleur et le fruit.

Nous avons déjà admiré l'infinie variété des formes dans les tiges et dans les feuilles ; elle se représente, à un degré bien plus élevé encore, dans les fleurs, dont l'une ressemble à peine à l'autre. En effet si nous examinons les fleurs du Saule ou du Peuplier et que nous les comparions à celles du Cerisier, c'est à peine si nous pouvons noter quelque point de ressemblance ; les fleurs si régulières du Lis blanc ne contrastent pas moins avec les bizarres et irrégulières floraisons de ces fleurs grimmacentes que l'on nomme des Orchidées. Le plan de la nature doit paraître bien multiple à celui qui s'arrête à ces apparences et cependant tout est régulier et soumis à la même loi, les fleurs ont toutes une fonction commune à remplir, celle de produire les graines des plantes.

Les fleurs ne varient pas seulement par la diversité des formes, mais à leur épanouissement elles se nuancent des coloris les plus multiples. La blanche parure de nos arbres fruitiers, la teinte sulfureuse des champs de Colza, la rouge floraison de nos bruyères, revêtent, à certaines époques de l'année, la campagne de larges traits de couleurs ; dans le voisinage de ces vastes étendues, uniformément peintes de la même nuance, vivent d'autres plantes, un peu moins sociales, telles que les Orchidées des prés et des bois, qui émaillent les champs de verdure et charment la vue par la magnificence de leur coloris.

A l'harmonie des formes et à la diversité du coloris, les fleurs joignent encore l'énivrement des parfums. Les Tubéreuses, les Roses, les Violettes, les Orangers, ainsi que la plupart des Orchidées exhalent de délicieux arômes ; mais il en est d'autres, appartenant aussi

à la famille des Orchidées, qui répandent dans l'atmosphère des principes d'une odeur aussi pénétrante, mais infiniment moins agréable (*Himantoglossum hircinum, Orchis coriophora*).

D'où proviennent cette richesse de forme, cette variation de coloris et cette multiplicité des odeurs? — La forme est la conséquence du mode de formation et de l'évolution des organes floraux; quant aux couleurs et aux odeurs, elles résultent des phénomènes chimiques inhérents au travail des cellules. Ces trois sources de beauté sont à l'apogée de la perfection et de l'harmonie au moment de l'épanouissement de la fleur.

Qu'est-ce donc qu'une fleur, nous demanderons-nous? Et il n'est personne qui, ayant un instant contemplé la nature, ne se soit posé la même question. L'organogénèse, c'est-à-dire l'observation du développement des organes, qui est en cette circonstance, comme dans beaucoup d'autres cas, la meilleure source d'instruction, nous répond qu'une fleur est un rameau dont les mérithalles sont déprimés et dont les feuilles sont métamorphosées en sépales, pétales, étamines et carpelles. Les étamines, qui représentent au fond de véritables feuilles, ont la faculté de produire le pollen, tandis que les ovules, l'autre élément de l'appareil sexuel, se forment dans l'ovaire, organe constitué tantôt par des feuilles soudées, tantôt par une portion de l'axe qui s'est creusée en forme de vase. Ces deux organes, le pollen et les ovules, sont les parties fondamentales de l'appareil sexuel des phanérogames, l'organe mâle étant représenté par l'étamine et l'organe femelle par l'ovaire. La fécondation dépose dans l'ovule un embryon, germe d'un nouvel être.

Tout bourgeon qui renferme les rudiments d'étamines ou bien d'ovules est donc un bourgeon sexué, en d'autres termes un bouton. Le calice et la corolle qui n'interviennent pas directement dans les phénomènes de la génération, ne sont pas d'une existence indispensable et peuvent manquer, ce qui arrive souvent pour l'un ou l'autre ou bien même pour tous les deux à la fois. L'ovaire, qui est affecté d'une manière toute particulière à la protection des ovules, fait lui-même défaut chez les Conifères.

Les fleurs qui possèdent à la fois des étamines et des ovules sont par conséquent hermaphrodites. Mais les sexes ne sont pas toujours aussi rapprochés et il est des fleurs unisexuées, les unes mâles qui contiennent seulement des étamines et d'autres femelles chez lesquelles on ne trouve que les ovules: il en est ainsi, par exemphe, chez les

Conifères. Quelquefois ces fleurs mâles et femelles sont portées sur le même végétal ; d'autres fois elles sont réparties sur des individus différents, de sorte que l'on distingue alors des plantes mâles et des plantes femelles.

Nous avons vu que toute fleur procède d'un bourgeon ; elle est, par conséquent formée d'un axe (tige) et d'appendices (feuilles). Goethe, le grand poëte, eut le premier cette conception de la fleur ; il reconnut dans les organes floraux des feuilles modifiées et nous lui devons la théorie célèbre de la métamorphose des bourgeons en appareil de reproduction ; cette théorie fut confirmée et définitivement établie par l'observation directe des botanistes. Schleiden, entre autres, auquel l'organogénèse dans le règne végétal est redevable de ses plus beaux succès, a fourni de précieux renseignements sur l'origine des fleurs; il a prouvé, particulièrement, que non-seulement les feuilles interviennent dans leur constitution, mais que l'axe participe souvent à la production de l'ovaire.

Chaque fleur représente en réalité un axe muni de ses organes foliacés ; lorsqu'il en est un certain nombre que l'on peut considérer comme réunies sur un pédoncule commun, elles forment ce que l'on appelle une inflorescence. L'ovaire, après avoir reçu l'imprégnation du pollen, se transforme en fruit, l'ovule devient une graine dans laquelle la fécondation a déposé un embryon, c'est-à-dire une plante nouvelle.

La régularité que nous avons reconnue dans la disposition des feuilles sur la tige, se retrouve à un degré plus remarquable encore dans la fleur ; cependant, dans l'un et dans l'autre cas, les exceptions ne manquent pas, d'où l'on a été conduit à établir une distinction entre les fleurs régulières et celles qui sont irrégulières. Les feuilles florales, même chez les plantes où les organes foliacés de la tige sont espacés à des hauteurs différentes, sont, en général, disposées en verticilles, qui se succèdent de très-près, parce que les entre-nœuds qui les séparent ne s'allongent que d'une manière insensible.

Nous avons, dans le cinquième chapitre, rappelé de quels noms on désigne les feuilles qui composent les fleurs. Lorsque celle-ci provient d'un bourgeon terminal, elle n'est pas accompagnée de bractées, mais cet organe existe toujours pour les fleurs qui naissent d'un bourgeon axillaire. La bractée tombe quelquefois de très-bonne heure, et chez quelques plantes même avant l'anthèse, mais, dans ce cas, une petite cicatrice révèle toujours l'existence de l'organe caduque. Les

fleurs qui résultent d'un bourgeon adventif, phénomène rare d'ailleurs et dont nous ne connaissons qu'un seul exemple certain (*Hydnora africana*), sont toujours privées de bractée. La bractée n'est d'ailleurs qu'une feuille ordinaire dont le bourgeon axillaire, au lieu de se développer en rameau, s'est transformé en une fleur; elle se distingue, il est vrai, fort souvent par ses dimensions, sa forme et sa couleur. La grande feuille blanche roulée en cornet qui enveloppe l'inflorescence en spadice du Calla d'Ethiopie, est une bractée; on doit donner le même nom à la feuille longue et étroite qui, chez le Tilleul, est soudée avec chaque groupe de fleurs (Pl. IV. Fig 66 *sp*); chez les *Melampyrum pratense*, *nemorosum* et *cristatum*, la bractée dont chaque fleur est accompagnée, s'éloigne de plus en plus des feuilles proprement dites par la forme et par la couleur; le *Poincettia pulcherrima*, superbe euphorbiacée arborescente, fait, précisément à cause de ses grandes bractées ignicolores, l'ornement des promenades et des jardins de Madère. Ces modifications parfois considérables des bractées établissent la première transition de l'état de bourgeon à celui de fleur; presque toujours la feuille à l'aisselle de laquelle se montre une fleur, diffère quelque peu des autres feuilles de la même plante. Quant aux caractères anatomiques, les bractées présentent, en général, la plus grande ressemblance avec les feuilles.

Le bourgeon floral, qu'il soit terminal, axillaire ou adventif, ne consiste à son origine, comme tout bourgeon, qu'en un cône de végétation en-dessous duquel se forment suivant un ordre déterminé, les feuilles disposées en cercles et qui composent, les divers verticilles de la fleur. Ces verticilles sont, en général, fort rapprochés parce que les mérithalles qui les séparent restent ordinairement fort courts.

Les sépales constituent le premier verticille de la fleur; le plus souvent colorés en vert, ils ressemblent infiniment plus aux feuilles que le verticille suivant de pétales. On observe chez quelques fleurs, par exemple chez les Mauves, plusieurs verticilles qui se suivent de folioles colorées en vert; il s'agit alors d'un calice double ou multiple et le premier verticille est souvent désigné sous le nom de calicule. D'un autre coté, lorsque la fleur n'est, au contraire, protégée que par un seul verticille et que celui-ci n'est pas suffisamment caractérisé par sa coloration comme étant un calice ou une corolle, on se borne à l'appeler un périgone; on en trouve des exemples dans les fleurs mâles de l'Aune, du Chêne et du Hêtre (Pl. IV. Fig. 30, et Pl. III. Fig. 12 et 30). La fleur de Tilleul présente l'exemple d'un calice simple,

pentasépale, bien développé ; chez le Cerisier, le Pommier et le Prunier, le calice est également simple et à cinq folioles.

Les pétales forment le second verticille de la fleur, contenu dans le calice ; ils sont, en général, blancs ou colorés, rarement verts comme les sépales et constituent un verticille simple, quelquefois composé ; il est simple dans les fleurs du Cerisier et du Pommier, composé chez le Nymphea et chez toutes les fleurs doubles où il peut même présenter une quantité innombrable de folioles, mais cette prolification n'est pas normale et elle s'opère aux dépens des étamines qui se transforment en pétales ; il en résulte que les fleurs doubles sont le plus souvent tout à fait dépourvues d'organes mâles.

Les formes déjà si variées que nous avons reconnues aux feuilles dans le cinquième chapitre, se modifient d'une façon plus bizarre encore dans les pétales. Il est des pétales sessiles et d'autres pédicellés dont on a nommé le pédicelle un onglet (*unguis*) ; les Caryophyllées, particulièrement les Silenées et les Crucifères, comme on peut le voir sur le Chou et le Colza, ont leurs pétales longuement onguiculés. Lorsque les pétales ne sont pas libres de toute cohérence jusqu'à la base, on dit qu'ils sont soudés et l'on a une corolle gamopétale ; cependant il serait plus juste de dire que dans ce cas la corolle ne s'est pas divisée. En effet, toute soudure suppose que l'organe a d'abord été libre ; or l'organogénésie des corolles gamopétales prouve qu'elle apparaît tout d'une pièce et que l'extrémité seule de ses lobes est libre dans le cône végétatif du bourgeon floral ; aucune soudure n'intervient donc ici et c'est, au contraire, la division qui s'étend plus ou moins loin. La corolle est gamopétale (c'est-à-dire qu'elle ne s'est pas divisée), par exemple, chez les Campanules, les Myosotis et les Convolvulus. Le coloris des fleurs s'étale surtout, dans toute sa magnificence, sur leurs corolles ; celles-ci paraissent parfois comme veloutées, aspect qui est ordinairement dû (chez la Rose et les Orchidées) à un épiderme papilleux tout particulier, sur lequel les rayons lumineux viennent se réfracter. Les couleurs se succèdent et se modifient quelquefois sur une même fleur ; ainsi la grande fleur malvacée de l'*Hibiscus mutabilis*, plante arborescente fort répandue dans les jardins de Madère, déploie le matin des pétales blancs comme la neige, qui se couvrent bientôt d'une légère nuance d'incarnat et qui, dans la soirée, ont acquis un teint vermeil le plus foncé. La lumière modifie de la même manière le coloris d'une foule de fleurs : il en est un grand nombre dont les ramifications du système vasculaire provoquent à la

surface un surcroît de coloration sous forme de nervures plus ou moins foncées. Lorsque les deux verticilles foliacés (le calice et la corolle) d'une fleur se laissent difficilement distinguer l'un de l'autre à leur couleur et à leur forme, par exemple chez la Tulipe, on les comprend sous l'appellation commune de périgone double.

Les feuilles staminales ou étamines succèdent au verticille des pétales ; chez la plupart des plantes, l'androcée est simple comme chez le Myosotis, l'Aune, le Groseiller vert, etc., chez d'autres, il est disposé sur plusieurs rangs, par exemple chez le Cerisier et le Tilleul.

L'anthère, dans laquelle se développe le pollen, représente le limbe de la feuille staminale dont le pétiole s'est transformé en filet ; cet organe manque quelquefois, auquel cas l'étamine est considérée comme sessile. L'anthère est bi-quadri ou pluriloculaire suivant le mode de développement qui se manifeste dans le limbe de la feuille staminale, et la manière dont elle s'ouvre pour laisser échapper le pollen, lui donne des formes caractéristiques au moment de la floraison. La nervure médiane de la feuille staminale prend le nom de connectif.

Fig. 150.



La plupart des étamines sont primitivement quadriloculaires, parce qu'il se forme dans le parenchyme de leur anthère, quand celui-ci est à peine ébauché, quatre groupes allongés et distincts de cellules-mères à pollen, de telle sorte que chaque demi-limbe de la feuille staminale présente deux de ces groupes (Fig. 150). Le pollen se développe dans l'intérieur de ces cellules et il est alimenté par le parenchyme qui les enveloppe et qui disparaît petit à petit à mesure que le pollen se forme. Un peu avant la floraison la cloison qui sépare les deux loges situées d'un même côté de la feuille staminale, se résorbe et l'anthère paraît être biloculaire, chaque loge s'ouvrant, en outre, par une fente longitudinale ; de là vient que dans la botanique descriptive on considère très-souvent comme biloculaire des anthères en réalité quadriloculaires au moins lorsqu'on les envisage au point de vue anatomique : le Cerisier, l'Amandier, le Myosotis, les Lis et la plupart des plantes d'ailleurs, peuvent, sous ce rapport, servir d'exemples. (Pl. III. Fig. 15 et 32, et Pl. IV. Fig 58 et 62). On rencontre de véritables anthères biloculaires, chez lesquelles il ne se forme de

Fig. 150. *A.* Etamine de l'Amandier (*Amygdalus*) un peu avant la déhiscence ; *a.* et *a'.* les deux loges d'un côté ; *a''.* une loge de l'autre côté ; *b.* le filet ; *x.* sillon qui s'ouvre à la déhiscence. *B.* Coupe transversale de cette étamine ; *y.* Faisceau vasculaire du connectif.

chaque côté du connectif qu'un seul groupe de cellules-mères pour la formation du pollen, chez les Asclépiadées, quelques Amaranthacées et certains Conifères, par exemple le Mélèze (Fig. 151), le Sapin, l'Epicea et le Pin (Pl. I. Fig. 16 et 36, et Pl. II. Fig. 34). D'autres arbres de cette dernière famille présentent, sur la face inférieure de leurs feuilles staminales, de petites pochettes, en nombre ordinairement indéfini et de forme ou de grandeur variable suivant les espèces, qui s'ouvrent par une fente terminale et qui sont appelées sacs polliniques, tels sont les *Juniperus, Thuja, Cupressus* (Fig. 152) et Taxus. Chez l'Araucaria brasiliensis (Fig. 153), ces sacs polliniques se présentent

Fig. 151.

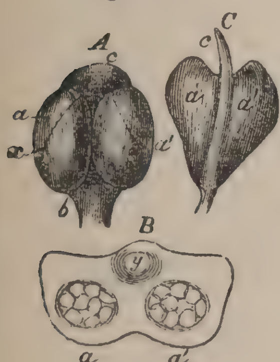


Fig. 152.

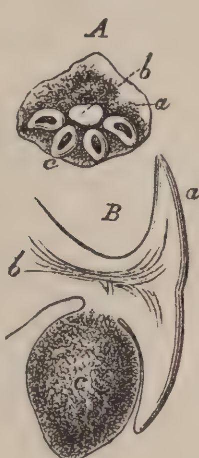
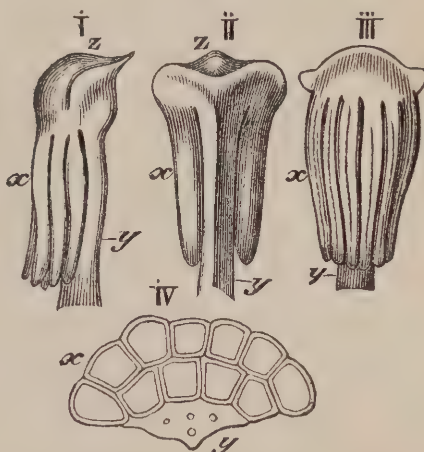


Fig. 153.



sentent sous la forme de petites colonnettes polygonales et disposées sur deux rangs; ceux des Cycadées sont fort nombreux et ont l'apparence de petits sacs sphériques. Chez le Gui (*Viscum album*) les cellules-mères du pollen se forment dans le tissu de la feuille staminale en groupes simples et disséminés, sans toutefois constituer des sacs proéminents comme chez les Cupressinées. Enfin chez quelques plantes,

Fig. 151. Etamine du Mélèze (*Larix europæa*). *A.* à demi murie; *a.* et *a'.* les deux loges; *b.* le filet; *x.* ligne suivant laquelle se fera plus tard la déhiscence de l'anthère. *B.* coupe transversale; *y.* le connectif. *C.* Etamine après sa déhiscence et vue par sa face postérieure; *c.* sa pointe représentant l'extrémité de feuille aciculaire transformée en étamine; les autres lettres pour *B.* et *C.* ont la même signification qu'en *A.* (*A.*gross. 30 fois; *B.* 50 fois et *C.* 6 fois.)

Fig. 152. *A.* Etamine peltée du Cyprès (*Cupressus sempervirens*) vue d'en bas; *a.* le limbe; *b.* le filet; *c.* sacs polliniques portés par le limbe. *B.* Coupe longitudinale d'une jeune anthère avec la même légende que ci-dessus (*A.* gross. 8 fois; *B.* 25 fois).

Fig. 153. Anthères de l'inflorescence mâle de l'*Araucaria brasiliensis: I* vues de côté; *II.*vues d'au dessus; *III.* d'en dessous: *x.* les sacs polliniques allongés qui s'ouvrent du côté inférieur par une fente longitudinale (*III*); *y.* le filet; *z.* l'extrémité de l'étamine qui est ici peu développée et qui correspond à la partie peltiforme de l'étamine du Cyprès. *IV.* coupe transversale d'une étamine faite dans son milieu; les sacs polliniques (*x*) sont disposés sur deux rangées (*I-III.* gross. 3 fois; *IV.* gross. 8 fois.)

les étamines n'ont la faculté de produire du pollen que d'un seul côté, comme la Sauge (Fig. 154) et les Canna (Fig. 155).

La déhiscence de l'anthère, à l'époque de l'épanouissement de la fleur, dépend de la disposition de certaines cellules et de la manière dont elles se contractent en se desséchant. Comme le périderme du Bouleau s'exfolie par la contraction irrégulière de ses diverses couches constituantes, de même les anthères s'ouvrent, avec la plus grande régularité, suivant un mode déterminé, par certaines rangées de cellules. La déhiscence des anthères du Laurier (Fig. 156) et de l'Epine-Vinette se fait par des valves; celle de la Pyrole, de la Morelle (*Solanum nigrum*) et de la Pomme-de-Terre, par une petite ouverture ou

Fig. 154.

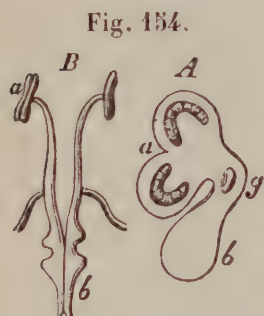
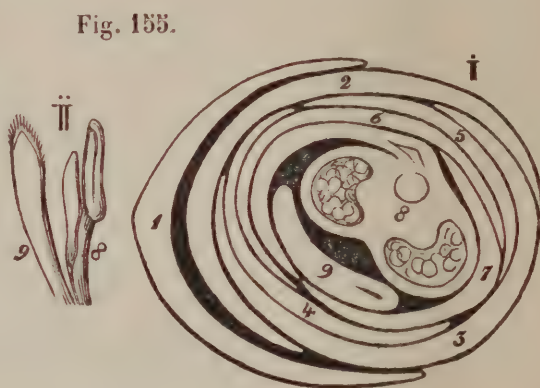


Fig. 155.



pore située à l'extrémité de chaque loge; la plupart du temps le pollen s'échappe par une fente longitudinale qui s'ouvre dans l'anthère.

De même que les pétales sont souvent cohérents en une corolle d'une seule pièce et que leur extrémité seule est libre, les filets des étamines ne sont pas toujours distincts jusqu'à leur base, par exemple chez beaucoup d'Amaranthacées (*Gomphrena, Alternanthera*, Fig. 157) et chez les Ruscus. Chez les Composées, au contraire, les limbes des feuilles staminales transformés en anthères sont soudés entre eux en un tube qui enveloppe le pistil, tandis que les filets sont restés libres. Les formes des étamines sont aussi variées que celles des feuilles;

Fig. 154. *B.* Les deux étamines d'une Sauge (*Salvia nivea*) : *a.* face complète, biloculaire de la feuille staminale ; *b.* sa seconde face qui manque d'anthère. *A.* Coupe transversale d'une feuille staminale toute jeune ; la légende comme ci-dessus ; *g.* faisceau vasculaire du filet (*A.* gross. 50 fois, *B.* 8 fois).

Fig. 155. *Canna species : I.* Coupe transversale d'un bourgeon floral à moitié développé ; 1.-3 feuilles du verticille extérieur ; 4-6 feuilles du verticille intérieur de la corolle ; 7-9 feuilles du dernier verticille de la fleur ; 7 foliole pétaloïde se présentant sous la forme de labelle dans la fleur ouverte ; 8 feuille transformée en étamine et munie d'une demi-anthère biloculaire, l'autre moitié étant restée pétaloïde ; 9 le pistil avec le canal pistillaire placé latéralement (gross. 15 fois). *II.* L'étamine et le pistil isolés.

quelquefois le filet est appendiculé, comme chez les Asclepias et les Bourraches ; d'autres fois, chez les Euphorbiacées notamment, il est articulé vers le milieu de sa hauteur et cette partie terminale se détache à la maturité avec l'anthère (Fig. 158). Dans le plus grand nombre des cas les étamines tombent en se détachant du réceptacle

Fig. 156.

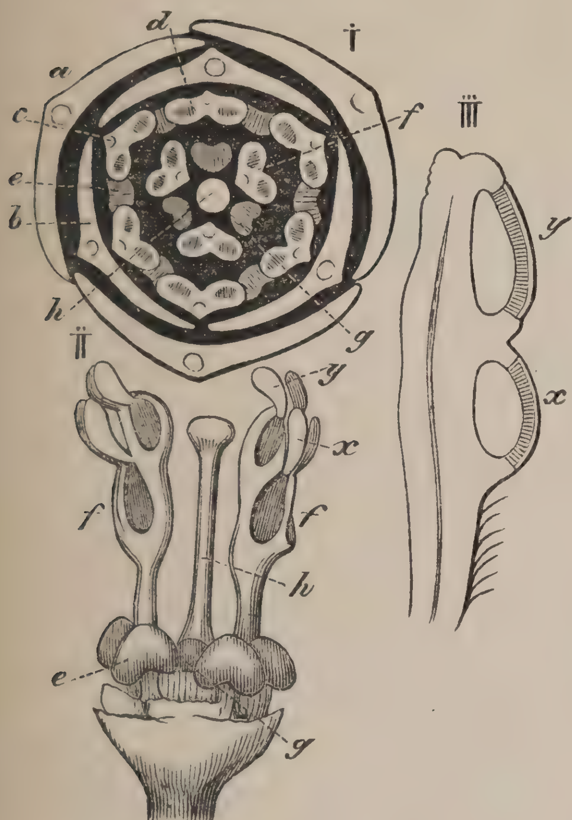


Fig. 157.



par la base de leur filet (1) ou bien sont entraînées avec les enveloppes de la fleur. Ces diverses formes de l'androcée ont une véritable importance en botanique descriptive.

Après les étamines nous arrivons au verticille des feuilles carpellaires ou carpelles qui constituent le pistil. Cet organe consiste tantôt en un seul carpelle, tantôt en plusieurs ; il est simple, c'est-à-dire formé d'une seule feuille carpellaire, par exemple chez le Cerisier et chez l'Amandier (Fig. 159), en outre chez les Légumineuses, les Protéacées (Manglesia) et

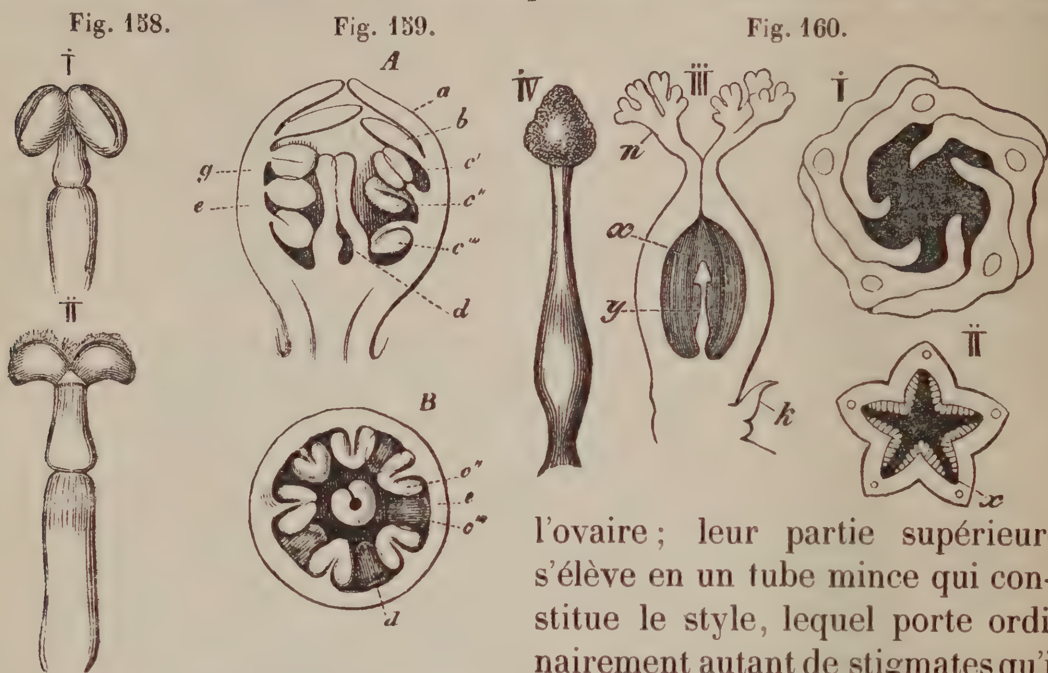
Fig. 156. *Persea indica : I.* Coupe transversale d'un jeune bouton ; *a.* et *b.* feuilles des deux premiers verticilles composés chacun de trois pièces alternes ; *c.* et *d.* étamines disposées sur deux verticilles de 3 chacun ou plutôt en un seul verticille de six, puisqu'on aperçoit entre-elles un verticille d'étamines abortives (*e*) ; *f.* étamines du verticille intérieur formé de 3 pièces entre lesquelles apparaissent trois étamines abortives (*g*) ; *h.* pistil ; les anthères *c.* et *d.* sont introrses ; l'anthère *f.* au contraire, est extrorse et les étamines abortives correspondent, par leur position, à ces dernières. *II.* Deux étamines du verticille intérieur avec les étamines adventives du verticille extérieur ; *x.* une des valves inférieures de l'anthère ; *y.* une des supérieures. *III.* Coupe longitudinale de l'étamine (*I.* et *II.* gross. 15 fois, *III.* gross. 40 fois).

Fig. 157. Les cinq étamines de *l'Alternanthera diffusa,* dont les filets sont libres seulement dans la partie supérieure ; les anthères sont biloculaires (gross. 25 fois).

---

(1) Il en est, en réalité, de même chez les Euphorbes dont chaque étamine représente une fleur mâle articulée sur un pédoncule propre. Voyez Planchon, Sur un nouveau genre d'Euphorbiacées, Soc. bot. de France, t. VIII, p. 29. (*Note du traducteur.*)

les Nyctaginées (*Mirabilis*); au contraire, l'ovaire des Asclépiadées (1) est formé de deux feuilles carpellaires et celui des Pivoines ou de l'Aconit par trois. En général, la partie inférieure des carpelles se soude ou bien se forme d'une seule pièce et constitue ainsi la cavité de



l'ovaire; leur partie supérieure s'élève en un tube mince qui constitue le style, lequel porte ordinairement autant de stigmates qu'il y a de carpelles qui ont concouru à la formation du pistil. On trouve chez les Renonculacées, les Rosacées, les Magnoliacées, un grand nombre d'ovaires libres dans une même fleur qui proviennent chacun d'un carpelle distinct et se transforment à la maturité en autant de fruits séparés; chez les Anonacées, ces carpelles contractent des cohérences pendant la maturation et forment un seul grand fruit composé et polysperme. En général, le cône végétatif d'un bourgeon transformé en fleur se termine après avoir produit les feuilles carpellaires,

Fig. 158. Etamines de l'*Euphorbia canariensis*: *I.* avant la déhiscence; *II.* après. Le filet porte une articulation à la moitié de sa hauteur (gross. 10 fois).

Fig. 159. *A.* Coupe longitudinale d'une jeune fleur de Cerisier (*Prunus cerasus*); *a.* sépale; *b.* pétale; *c'.* *c''.* et *c'''.* anthères, appartenant à trois verticilles distincts; *d.* ovaire provenant d'un seul carpelle; *e.* réceptacle, c'est-à-dire le disque de la fleur qui porte les étamines, les pétales et les sépales. *B.* coupe transversale d'un bouton à son premier état de développement, faite en *g.* de la figure *A*; la légende comme en *A.* (gross. 40 fois).

Fig. 160. *Carica cauliflora*: *I.* Coupe transversale d'une corolle un peu avant l'épanouissement du bouton dont l'estivation est tordue. *II.* Coupe transversale de l'ovaire; on remarque (en *x*) que les ovules manquent dans la région moyenne du carpelle. *III.* Coupe longitudinale de l'ovaire; *y.* la columelle centrale libre; *n.* le stigmate; *k.* un sépale. *IV.* La columelle centrale gross. 4 fois (*I.* gross. 10 fois).

---

(1) H. Schacht, *Das mikroskop und seine anwendung*. Pl. II et III.

en d'autres termes, il n'émet plus, après cette formation, de nouvelles feuilles ; cependant, dans un grand nombre de cas, ce cône de végétation s'élève au centre de la cavité ovarienne en une columelle centrale ; cette structure est manifeste chez le *Carica papaya* (Fig. 160) ; elle est aussi fort apparente chez les Primulacées, les Myrsinées (*Ardisia excelsa*. Fig. 161) et les Santalacées où la columelle centrale et libre porte les ovules (Fig. 162). D'un autre côté il arrive aussi très-souvent que le pédoncule floral, après avoir émis les feuilles florales, se creuse et forme lui-même un ovaire infère, lequel est, par conséquent, d'origine axillaire; les Onagrariées (Fig. 163) et les Orchidées présentent de beaux exemples de cette organisation,

Fig. 161.

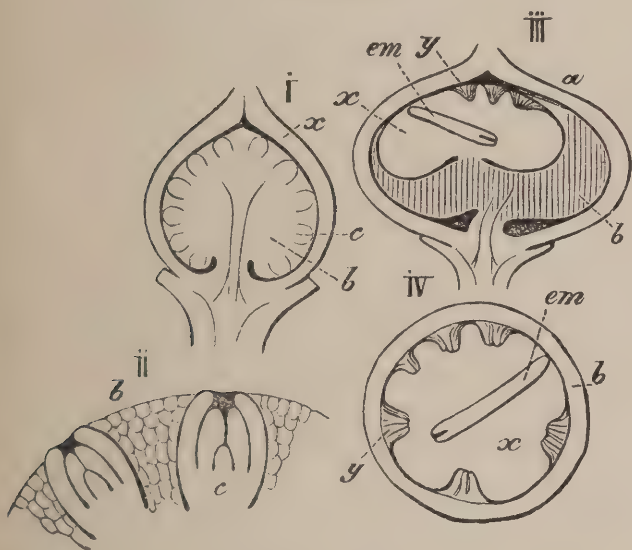
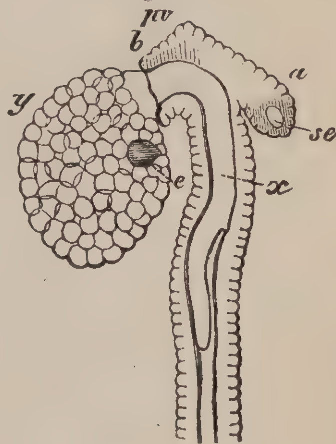


Fig. 162.



encore plus frappante chez les Cactées; chez les *Opuntia*, l'ovaire qui est infère ressemble à un rameau qui se serait creusé et qui porte des ovules dans son intérieur.

La cavité ovarienne, soit qu'elle provienne de feuilles carpellaires,

Fig. 161. *Ardisia excelsa: I.* Coupe longitudinale de l'ovaire supère à l'époque de la floraison: *a*. paroi de la cavité ovarienne ; *b*. placenta central libre dont les ovules orthotropes (*c*) sont enfoncés dans le parenchyme, ce que montre, à la fig. II, un grossissement supérieur. *III*. Coupe longitudinale du fruit mûr ; *x*. ovule solitaire transformé en graine avec son embryon cylindriforme (*em*) ; *b*. débris du placenta ; *y*. ovules atrophiés qui n'ont pas été fécondés. *IV*. Coupe transversale d'un autre fruit (*I*. gross. 30 fois ; *II*. 150 fois ; *III*. et *IV*. 6 fois).

Fig. 162. *Thesium intermedium:* Placenta central portant un ovule non fécondé (*a*), un ovule fécondé (*b*) sans téguments et un 3e ovule invisible dans la situation où l'organe a été dessiné : *se*. sac embryonnaire de l'ovule non fécondé ; *y*. albumen (endosperme) de l'ovule fécondé dans lequel la radicule de l'embryon (*e*) est indiquée ; *x*. prolongement tubuleux et vide de cellules provenant du sac embryonnaire de l'ovule fécondé et qui descend dans le placenta (gross. 50 fois).

soit qu'elle consiste en un axe excavé, est tantôt monoloculaire, tantôt pluriloculaire ; il paraît certain que dans la plupart des cas, sauf chez les Balsaminées (1) et les Tropæolées, la division en loges provient de cloisons qui s'avancent des parois vers le centre, atteignent la columelle en se confondant avec elle et toutes ensemble au centre de

Fig. 163.

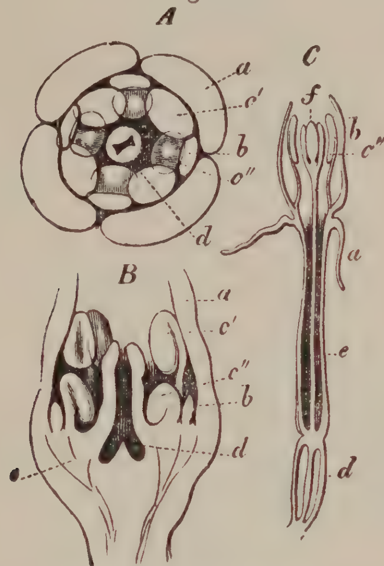
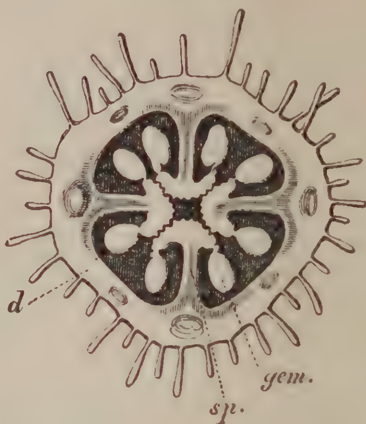


Fig. 164.



l'ovaire. Il arrive quelquefois que la columelle ne s'élève pas au-delà de la moitié de l'ovaire ; dans ce cas celui-ci est monoloculaire dans sa partie supérieure où les ovules sont portés par des cloisons plus ou moins développées et il est pluriloculaire dans sa partie inférieure; toutes les Ericacées, les Onagrariées (Fig. 164) et les Fachsias présentent des exemples de cette organisation. Enfin lorsque la columelle centrale ne se forme pas, l'ovaire est alors monoloculaire dans toute son étendue et il présente des placentas pariétaux qui s'avancent parfois à une grande profondeur dans l'intérieur de la loge, comme dans les Cucurbitacées. Ces placentaires, qui portent les ovules, correspondent toujours par leur nombre et par leur position aux stigmates et aux sutures qui représentent la soudure de deux feuilles carpel-

Fig. 163. *A*. Coupe transversale d'une fleur très-jeune d'*Œnothera muricata : a*. sépales; *b*. pétales ; *c'*. et *c''*. anthères du premier et du second verticille d'étamines ; *d*. rudiment de l'ovaire. *B*. Coupe longitudinale de cette fleur à l'état de bouton ; *d*. cavité ovarienne ; *e*. partie qui forme plus tard le tube calicinal (gross. 40 fois). *C*. Coupe longitudinale d'une fleur à l'époque de la floraison (grandeur naturelle) ; *f*. les stigmates; le reste de la légende comme ci-dessus.

Fig. 164. Coupe transversale de la moitié supérieure de l'ovaire de *l'Œnothera muricata : d*. sa paroi ; *sp*. un de ses quatre placentas pariétaux ; *gem*. un ovule (gross. 10 fois).

---

(1) Schacht, *Entwickelungsgeschichte des Pflanzen-Embryon*. Pl. XXII. Fig. 4-6.

laires; on doit donc conclure de ce fait que, même chez les ovaires axillaires, ces organes sont d'origine appendiculaire. Il semble donc, en général, que le pistil n'est exclusivement formé ni par l'axe seulement ni par des éléments foliacés ; le réceptacle de la cavité ovarienne et la columelle centrale sont, même chez les carpelles d'origine foliacée, toujours des organes axillaires.

La cavité ovarienne simple ou multiple, suivant que l'ovaire est mono ou pluriloculaire, est mise en communication avec l'extérieur au moyen du style qui se présente, en général, sous la forme d'un tube plus ou moins long. Ce style est terminé par un stigmate simple quand l'ovaire est formé par une seule feuille carpellaire, et quand il en est autrement, par autant de stigmates qu'il est entré de feuilles carpellaires dans la constitution du pistil.

Le pistil est l'un des organes les plus essentiels des végétaux ; il présente une grande constance dans sa structure et par suite fournit des caractères de la plus haute importance en botanique descriptive. On doit toujours s'assurer, au moyen de coupes transversales, s'il est mono ou pluriloculaire et quelle est la disposition des ovules dans son intérieur. L'organe qui porte les ovules est désigné sous le nom de placentaire (placenta, spermophore). Chez quelques fleurs, par exemple chez le Jonc fleuri, l'une des plus belles plantes qui embellissent le bord de nos eaux, toute la surface intérieure de chaque feuille carpellaire est couverte d'ovules et l'on ne peut y distinguer des placentaires spéciaux. Mais dans la plupart des autres plantes, les placentas sont plus distincts et on les distingue en deux classes : les pariétaux et les centraux. Les placentaires pariétaux, dont nous avons déjà parlé à propos de la formation des cloisons dans la cavité ovarienne, sont plus ou moins développés ; les uns sont fort peu proéminents, comme chez les Violariées et les Passiflores, les autres s'avancent, au contraire, profondément dans l'intérieur de l'ovaire (Fig. 164) ; on doit les considérer comme des formations appendiculaires qui correspondent aux sutures marginalles de deux feuilles carpellaires, par exemple chez le Chêne, le Hètre, le Charme, l'Aune (Pl. III. Fig. 7 et 22, et pl. IV. Fig. 4 et 26). Les véritables placentas centraux proviennent de la columelle même et sont beaucoup plus rares ; je ne puis en citer des exemples certains que chez les Myrsinées, l'*Ardisia excelsa* (Fig. 161) et les Santalées (*Santalum album*). Une observation minutieuse et quelquefois l'organogénèse, comme chez les Labiées, les Borraginées et les Silenées, peuvent seules lever tous

les doutes (Fig. 165). Le Saule et le Peuplier (Pl. IV. Fig. 52) ainsi que le Groseiller possèdent un ovaire monoloculaire avec deux placentas pariétaux; il en existe trois chez le Chêne, le Hêtre (Pl. III. Fig. 7 et 22), les Orchidées et les Violariées. D'un autre côté on trouve une véritable placentation centrale chez les Primulacées, les Myrsinées et les Santalacées (Fig. 162). Les ovules peuvent encore être basilaires; c'est quand les placentas pariétaux ou la columelle ne se forment pas et que l'ovule naît directement de la base de la cavité ovarienne, comme par exemple dans la Noix, le Blé Sarrazin et la Betterave (Fig. 166).

Fig. 165.

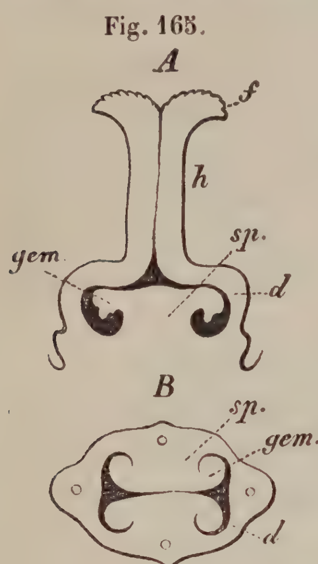


Fig. 166.



Nous savons que les bourgeons adventifs sont susceptibles de se développer partout où du tissu capable de développement et du système vasculaire se trouvent réunis; or l'examen détaillé que nous venons de faire du pistil nous a révélé l'existence de cette double condition ; ainsi s'écroule par sa base la théorie de Schleiden qui considère chaque placenta, en d'autres termes toute surface qui développe des ovules, comme devant être nécessairement un organe axillaire (1). Les ovules sont généralement considérés comme des bourgeons adventifs, car ils naissent fort rarement à l'aisselle d'une feuille ; cependant ils se distinguent des bourgeons adventifs ordinaires en ce qu'ils se forment uniquement à la surface du placenta, tandis que les bourgeons adventifs proprement dits se développent dans l'écorce à travers laquelle ils doivent

Fig. 165. *A*. Coupe longitudinale d'une fleur très-jeune de Sauge (*Salvia nivea*) : *d*. paroi de la cavité ovarienne; *f*. stigmate; *gem*. ovule; *h*. style; *sp*. placenta. — *B*. Coupe transversale de l'ovaire avec les placentas pariétaux; la légende comme ci-dessus (gross. 40 fois).

Fig. 166. Coupe longitudinale de l'ovaire du *Polygonum convolvulus* (voisin du Blé Sarrazin) à l'époque de la floraison ; *a*. stigmate; *b*. grain de pollen placé sur ce dernier; *c*. pistil; *d*. paroi de l'ovaire; *gm*. ovule dressé et orthotrope; *se*. sac. embryonnaire; *ch*. chalaze ou base de l'ovule ; deux boyaux polliniques s'avancent vers l'ovule par le canal pistillaire (gross. 40 fois).

(1) On sait que Payer a défendu la même opinion en l'appuyant de nombreux travaux d'organogénèse. (*Note du traducteur*).

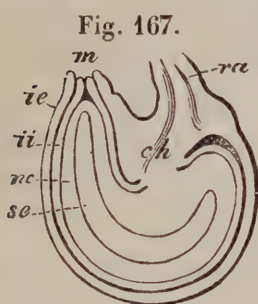
se faire jour. L'ovule est produit à la surface du placenta, parce qu'il se trouve là un tissu capable de développement ; le bourgeon adventif, au contraire, doit se former dans la zone génératrice sous-jacente à l'écorce de la tige ou de la racine parce que là seulement se rencontrent les circonstances favorables à son évolution.

La partie la plus essentielle de l'ovule est le nucelle (*Nucleus*); il correspond à l'axe d'un bourgeon et l'on peut comparer son extrémité au cône végétatif; il constitue l'amande (*Kernwarze*). Le nucelle se forme le premier, puis, en dessous de lui naissent, semblables à des feuilles, les enveloppes (*Integumenta*) qui le couvrent comme d'un manteau et qui se terminent à son extrémité en un bord libre circonscrivant un canal que l'on désigne sous le nom de micropyle (Fig. 68). Ces enveloppes manquent chez quelques plantes, par exemple chez les Haloragées et les Santalacées, ainsi que chez le Caféier ; l'ovule des Personées et des Conifères possède une simple enveloppe, mais la plupart des monocotylédones et des dicotylédones possèdent une double enveloppe. Ce nombre ne peut souvent être déterminé que par l'organogénèse ; il est, en général, peu apparent dans les graines. On ne connaît pas plus de deux enveloppes ; l'interne se forme d'abord, et immédiatement après, l'enveloppe extérieure se montre en dessous de la première ou plutôt plus bas. Ce fait a une grande importance en ce qu'il prouve qu'on ne peut pas assimiler ces téguments de l'ovule à des feuilles ; on doit plutôt les considérer comme des prolongements axiliaires, en forme de manteau (comme un disque). Il en est de même de l'arille qui chez l'If, par exemple, recouvre l'ovule comme d'une seconde enveloppe, mais qui ne se montre que la fécondation achevée. Tout ovule est primitivement droit, mais suivant qu'il se développe ensuite d'une manière uniforme dans tous les sens ou bien qu'il grandit plus d'un côté que de l'autre, il devient orthotrope (Fig. 166) ou anatrope (Fig. 68). Dans le premier cas, l'extrémité de l'ovule, c'est-à-dire le micropyle, est opposée au hile et le nucelle est droit, dans le second, l'extrémité du nucelle qui est renversé est, au contraire, voisine du hile. Lorsque le nucelle ainsi que ses enveloppes se recourbent, l'ovule devient falciforme et il est désigné sous le nom de campulitrope (*Gemmula licotropa*) comme chez les Potamogeton et les Alisma. Il y a, en outre, beaucoup de formes intermédiaires, par exemple l'ovule à demi-recourbé (*O. hemilicotropa*) de la Betterave (Fig. 167).

Une cellule, toujours située au centre ou près de l'extrémité du

nucelle, se développe sur ces entrefaites et se nourrissant au moyen du contenu des cellules environnantes qui disparaissent ou s'épuisent complétement, elle devient bientôt prépondérante : cette cellule constitue le sac embryonnaire ou sac germinatif, ainsi nommé parce que le germe ou embryon doit plus tard se former dans son intérieur. L'ovule de la plupart des plantes est en communication avec le placenta au moyen d'un faisceau vasculaire qui aboutit ordinairement à la base du nucelle en un point que l'on désigne sous le nom de chalaze ; la partie de l'ovule dans laquelle ce cordon s'insinue constitue le raphé.

Fig. 167.



Outre les organes essentiels de la fleur que nous venons de décrire au point de vue morphologique, la botanique descriptive a encore reconnu l'existence de plusieurs autres qui ont moins d'importance, tels que des pétales ou des étamines abortives, des nectaires, etc. Les noms sous lesquels on les désigne sont soumis à beaucoup de variations et plus ou moins appropriés à leur véritable nature ; aussi le mieux serait-il de décrire ces organes sans prétendre indiquer leur origine et le plus brièvement possible, se bornant à signaler leur insertion et leur forme : ce serait faire preuve de sagesse et la terminologie botanique serait ainsi bientôt débarrassée d'une foule de termes inutiles ou erronés. Le disque (*discus*), c'est-à-dire une expansion discoïdale, cyathiforme ou palléale de l'axe floral, est le plus répandu et le plus important de ces organes accessoires ; il se développe tantôt en dessous de l'appareil floral, comme chez le Chêne et le Hêtre où il forme la cupule, tantôt sous la forme d'un anneau entre certains verticilles de la fleur, comme chez la Vigne et l'Erable : quelquefois il forme un tégument qui recouvre comme d'un manteau le nucelle de l'ovule.

La symétrie que nous avons déjà reconnue entre les feuilles insérées sur une même tige, existe aussi, et au plus haut degré, quant à l'insertion des organes de la fleur. En général, le nombre des pièces d'un verticille correspond à celui des autres, en outre les divisions d'un verticille alternent avec celles du verticille suivant : la fleur de l'*OEnothera muricata* représentée par la figure 163 peut sous ce rapport servir d'exemple : aux quatre sépales (*a*) succèdent en alternant

Fig. 167. Ovule du *Beta vulgaris : ch.* la chalaze ; *ie.* tégument extérieur (testa) ; *ii.* tégument intérieur (tegmen) ; *nc.* le nucelle ; *se.* sac embryonnaire ; *m.* le micropyle ; *ra.* le raphé (gross. 30 fois).

les quatre pétales (*b*), puis un premier et un second verticille de quatre étamines (*c'* et *c''*) alternant à leur tour, et enfin un ovaire (*d*) formé de quatre parties alternes avec le dernier verticille de l'androcée. Cette fleur présente donc, en un mot, cinq verticilles, à quatre divisions chacun, tous alternes et qui ont été successivement produits sous le cône végétatif du bourgeon floral. Avant que le style et le stigmate ne se développent (Fig. 163 *B*.), on voit se former l'ovaire infère et sa cavité; le cône végétatif de l'axe qui s'est creusé s'avance au centre de cette cavité pendant que les quatre placentas pariétaux (Fig. 164), convergeant tous vers le centre et s'y réunissant, la divisent, au moins à la partie inférieure, en quatre loges distinctes. La partie (*e*) sur laquelle sont insérés les quatre verticilles externes, s'allonge pour former la fleur en prenant une forme tubuleuse, en même temps que le style se développe seul au centre. Par suite le calice, la corolle et l'androcée, qui avaient été formés à la même hauteur que l'ovaire, se trouvent reportés au sommet d'un long tube, au moment où se fait l'épanouissement de la fleur (Fig. 163 *C*) et l'ovaire primitivement supère devient profondément infère. Le développement de la fleur de l'Amande de terre (*Arachis hypogaea*) de la famille des Légumineuses est à peu près le même, si ce n'est que l'ovaire constitué par une seule feuille carpellaire reste supère. Chez l'Amandier et le Cerisier les fleurs présentent cinq sépales et cinq pétales alternes, puis plusieurs verticilles d'étamines et enfin un ovaire qui représente un carpelle simple (Fig. 159). La base de la fleur qui porte les différents verticilles, le réceptacle en un mot, s'élève, comme chez l'Œnothère, au-dessus de l'ovaire, mais à un degré beaucoup moindre, de sorte que les verticilles extérieurs semblent insérés sur les bords d'une sorte de cupule. Dans la fleur de Tilleul cinq sépales alternent avec cinq pétales, puis on trouve plusieurs rangs d'étamines et finalement un ovaire quinqueloculaire (Pl. IV. Fig. 66–71); ici le réceptacle ne s'élève pas, et les sépales, les pétales et les étamines sont insérés à la base de l'ovaire. Chez l'Erable on trouverait en outre un disque (Pl. IV. Fig. 64 *d*.).

On voit par ce qui précède que la position de l'ovaire par rapport aux autres verticilles floraux est susceptible de plusieurs variations: elles fournissent d'importants caractères à la botanique descriptive: on distingue notamment l'ovaire infère et l'ovaire supère ou, ce qui revient au même, une fleur supère et une fleur infère. Lorsque les verticilles des enveloppes florales sont, comme chez le

Cerisier, situés sur les bords d'un réceptacle cupuliforme, on le considère, assez improprement il est vrai, comme périgyne.

Si les organes floraux sont souvent alternes, ce fait n'a cependant pas la valeur d'une loi générale et il arrive souvent qu'ils sont, au contraire, superposés les uns aux autres. Il en est ainsi par exemple chez la Betterave où au périgone quinquefolié succède un nombre égal d'étamines, ainsi que chez le *Manglesia* et les *Hakea* de la famille des Protéacées où quatre anthères sont superposées aux quatre lobes du périanthe et dont l'ovaire est constitué par une seule feuille carpellaire : on n'aperçoit dans aucun de ces deux cas les rudiments d'un verticille staminal atrophié qui serait situé entre le périgone et l'androcée. La symétrie florale la plus répandue ne doit, par conséquent, pas être considérée comme générale.

Nous avons déjà dit que le nombre des éléments foliacés qui composent le calice, la corolle et l'androcée est, en général, le même ; il en est tout autrement pour les carpelles dont le nombre est souvent moindre, par exemple chez le Cerisier, les Légumineuses, les Protéacées et les Asclépiadées (1). D'ailleurs le nombre des organes des autres verticilles est également soumis à certaines différences ; ainsi chez les Crucifères il existe des verticilles à deux et à quatre divisions ; chez les Laurinées on compte trois ou six organes dans chaque verticille (Fig. 156) ; chez l'Impatiente et la Balsamine (Fig. 168) un androcée de cinq étamines succède à un calice et à une corolle constitués chacun de quatre folioles. La multiplication des pièces qui constituent les verticilles successifs d'une même fleur est moins fréquente que leur diminution ; on retrouve dans ce cas les pièces manquantes sous une forme rudimentaire. Dans la Sauge, par exemple, après les cinq sépales et les cinq pétales on rencontre deux étamines seulement, bien que cinq avaient été ébauchées dans le bouton ; chez les *Stachys,* plante de la même famille, des cinq étamines une seule s'atrophie. Chez les Orchidées nous ne trouvons, à côté des trois sépales et des trois pétales qui sont alternes entre eux, qu'une anthère, rarement deux, comme chez les Cypripédiées, tandis que le nombre normal serait trois : ce type régulier se trouve quelquefois réalisé chez le *Limodorum abortivum* dont les trois anthères peuvent se développer (Fig. 169).

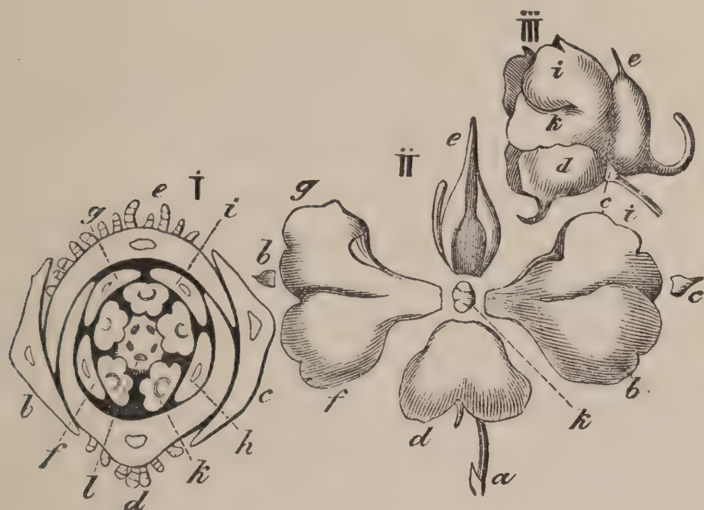
La place d'un organe atrophié reste vide lorsqu'elle n'est pas occu-

---

(1) Schacht, *das Mikroskop,* Pl. II et III.

pée par quelque vestige rudimentaire; il en est ainsi dans les fleurs que nous venons de prendre pour exemples, c'est-à-dire la Sauge, le Stachys et les Orchidées. Les monstruosités sont sous ce rapport du plus grand intérêt en ce qu'elles consistent souvent dans le développement inusité d'un organe ordinairement atrophié, mais elles ne

Fig. 168.



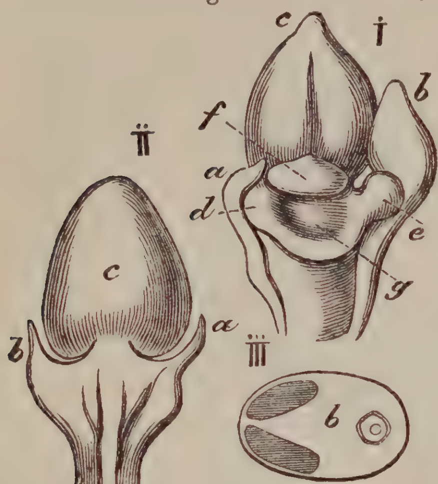
fournissent d'utiles enseignements que pour autant que les données de la tératologie soient combinées avec des observations d'organogénèse.

La symétrie primitive des fleurs peut, en outre, être modifiée par le développement irrégulier des parties d'un même verticille, de même que par une séparation inégale de quelques-unes d'entre elles. Chez l'Impatiente et la Balsamine deux folioles du calice restent petites et herbacées, tandis que les deux autres, opposées l'une à l'autre, se colorent comme les pétales et que l'une d'elles prend la forme d'un capuchon et se prolonge en éperon : quant aux pétales, ils restent cohérents deux-à-deux (Fig. 168). On ne peut pas toujours reconnaître la signification de chaque organe quand la fleur est développée. Une des pièces de la corolle des Orchidées devient prédominante et constitue le labellum souvent muni d'un éperon; ces fleurs sont entre toutes les plus riches en variétés de forme : il en est qui ressemblent à

Fig. 168. *Balsamina hortensis : I.* Coupe transversale d'un jeune bouton (gross. 40 fois). *II.* La fleur ouverte et desassemblée. *III.* La fleur ouverte vue de côté; *a.* bractée; *b. c. d.* et *e.* représentent le premier verticille de la fleur formé de quatre divisions; *b.* et *c.* restent petits et verts; *d.* est la foliole inférieure, colorée et munie d'un appendice spiniforme; *e.* la foliole supérieure colorée et prolongée en éperon; *f. g. h. i.* les quatre folioles du second verticille dont la cinquième pièce manque; *f.* et *g.*; ainsi que *h.* et *i.* restent unis à la partie inférieure; *k.* représente une des cinq étamines et *l.* une loge de l'ovaire lequel est quinqueloculaire.

une mouche (*Ophrys muscifera*); d'autres semblent représenter une araignée (*Ophrys arachnites*), chez une troisième on voit une grande lèvre rubanée (Himantoglossum. Fig. 170), etc. Or, malgré de semblables variations, ces fleurs sont à peu près toutes identiques dans l'origine et leurs différences de formes ne se manifestent qu'après la formation de leurs organes. Nous trouvons des étamines dont les filets sont réunis en groupe, chez les Fumariacées, les Polygalées et les Hypéricinées (1).

Fig. 169.



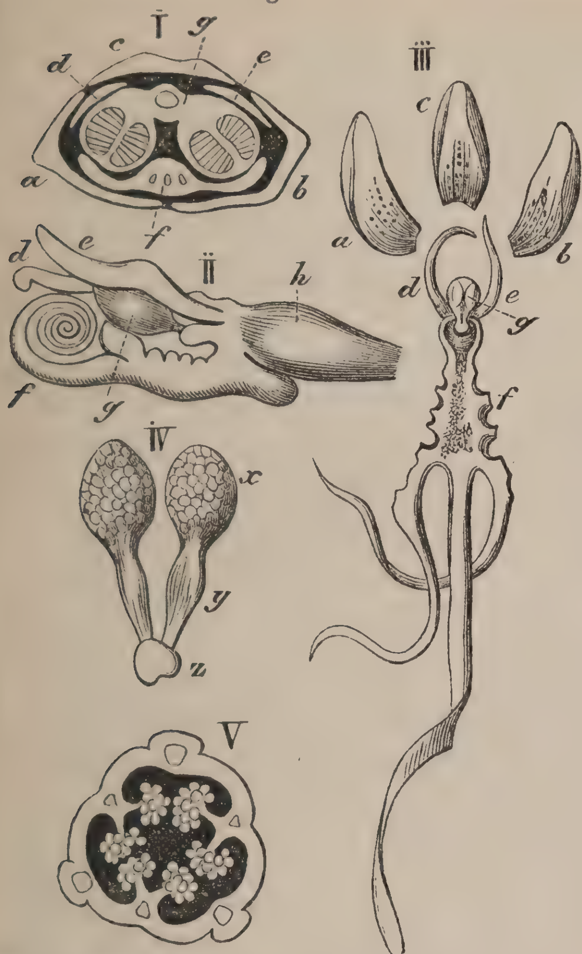
Outre les différences qui existent entre les fleurs quant au nombre d'organes qui les composent et qui sont les seules dont nous ayons parlé jusqu'ici, on peut encore constater des variations dans les fleurs d'une même espèce. Ainsi par exemple lorsque l'androcée est très-multiple, il arrive fort souvent que les étamines du dernier verticille ne se développent pas toujours. Le périgone de la fleur mâle du Chêne comprend le plus souvent cinq folioles et contient de 5 à 10 étamines. La fleur femelle de cet arbre présente, en général, trois stigmates et dans ce cas son ovaire monoloculaire renferme trois placentas pariétaux (Pl. III. Fig. 7); mais on trouve aussi des fleurs femelles de Chêne avec deux stigmates seulement auxquels correspondent deux placentas. Chez le Châtaignier le nombre des stigmates varie de 2 à 7 et il y a autant de placentas. Dans la Clandestine (*Monotropa hypopitis*) les verticilles floraux sont quadri ou bien quinquepartites (dans la fleur terminale): les Courges et les Concombres présentent les mêmes variations pour le nombre des stigmates et des placentas pariétaux.

Fig. 169. *Limodorum: I.* verticille des étamines et des stigmates dans la fleur vue de face; *a.* et *b.* les deux feuilles latérales de l'androcée qui normalement ne se développent pas, mais qui restent comme en *a.*, tandis que *b.* a dans ce cas-ci formé une demi-anthère biloculaire (III); *c.* l'anthère parfaite et quadriloculaire toujours normalement développée; *d.* et *e.* les deux stigmates latéraux qui se présentent, en général, comme de petits mamelons en *d.* tandis que en *e.* le stigmate se développe davantage; *f.* stigmate parfait; *g.* surface sécernante de la base des stigmates. *II.* Les trois étamines dans leur état ordinaire et vues par la face dorsale. *III.* Coupe transversale de l'anthère (*I.* et *II.* gross. 6 fois; *III.* gross. 8 fois.)

(1) Ces plantes formaient les 16e, 17e et 18e classes de Linné, à savoir : la Monadelphie, à laquelle appartiennent les Mauves; la Diadelphie où l'on trouve les Fumeterres, et la Polyadelphie dans laquelle se rangent les Millepertuis.

Je ne puis admettre l'avortement de tout un verticille ou d'un organe que là où l'on en retrouve le rudiment ou l'ébauche, ou tout au moins que l'on constate avec certitude la place vide laissée par les organes qui manquent. Quand ces deux indices font défaut, on ne peut mettre trop de circonspection à supposer une atrophie ou une anomalie. Le nombre est un élément de l'organisation auquel la nature semble avoir attaché peu d'importance ; d'ailleurs il n'est, tant pour les parties florales que pour les feuilles de l'axe, qu'une simple conséquence des phénomènes d'organogénèse qui se passent dans le cône végétatif du bourgeon et dont nous ne connaissons pas encore la cause première.

Fig. 170.



La botanique descriptive réclame en outre la connaissance des positions occupées à l'état de bouton par le calice et la corolle chez les fleurs qui en sont munies, en un mot de la préfloraison ou estivation. On distingue notamment : 1° la préfloraison valvaire (*Æstivatio valvata*), qui existe quand les folioles d'un même verticille se touchent par leurs bords sans se couvrir, comme le calice du Tilleul et des Malvacées; 2° la préfloraison imbriquée (*Æ. imbricata*), lorsque les organes se recouvrent mutuellement par leurs bords, comme le calice et la corolle des Renonculacées; 3° la préfloraison tordue (*Æ. contorta*), comme la corolle de la Stramoine, des autres Solanées et des Gentianées.

Fig. 170. *Himantoglossum hircinum : I.* Coupe transversale d'un bouton. *II.* Le bouton vu de côté, après l'écartement des feuilles du premier verticille. *III.* Toutes les feuilles de la fleur vues d'en haut ; *a*, *b* et *c* feuilles du premier verticille; *d. e.* et *f.* feuilles du second verticille; *f.* labellum, qui dans le bouton est enroulé comme un ressort de montre et qui se prolonge en éperon. Le 3e verticille ne comprend qu'une feuille qui constitue l'anthère sessile et quadriloculaire (*g*) *IV.* Les masses polliniques (*x*) de l'anthère avec leur caudicule (*y*), et la glande connue sous le nom de *rétinacle* (*z*). *V.* Coupe transversale de l'ovaire dont les placentas pariétaux sont bifides. (*III* est de grand. natur.)

Les brillantes couleurs dont les fleurs sont revêtues résident dans certains sucs cellulaires colorés ; les bigarrures et les diverses teintes des pétales proviennent de ce que des cellules contiguës sont remplies de liquides différents. La coloration est l'indice de la nature chimique du liquide qui remplit les cellules, laquelle est à son tour la conséquence du mode d'activité physiologique et par suite de certains besoins spéciaux, de sorte que les diverses colorations du liquide intracellulaire et les panachures des pétales peuvent s'expliquer par les fonctions exercées par les cellules. De même que dans l'écorce certaines cellules contiennent des cristaux, tandis que d'autres produisent de la fécule et d'autres encore de la chlorophylle, de même dans les pétales certaines cellules ou certaines séries de cellules élaborent des principes particuliers. Les essences, qui consistent en huiles essentielles ou en éthers, se produisent surtout dans les pétales. L'épiderme des pétales colorés n'est, en général, jamais pourvu de stomates, tandis que ces organes ne manquent que rarement à la face inférieure des sépales herbacés. On sait, d'ailleurs, que la structure des sépales les rapprochent de la feuille infiniment plus que les pétales. Les couleurs et les odeurs se manifestent ordinairement quand se fait l'anthèse de la fleur ; ainsi les boutons de l'Orchis à odeur de bouc et ceux du Platanthera, plantes également remarquables, la première par sa détestable odeur et la seconde par son excellent parfum, sont presque tout-à-fait inodores. Les couleurs se développent souvent sous l'influence de la lumière, par exemple, chez le *Himantoglossum hircinum* et l'*Ophrys arachnites*.

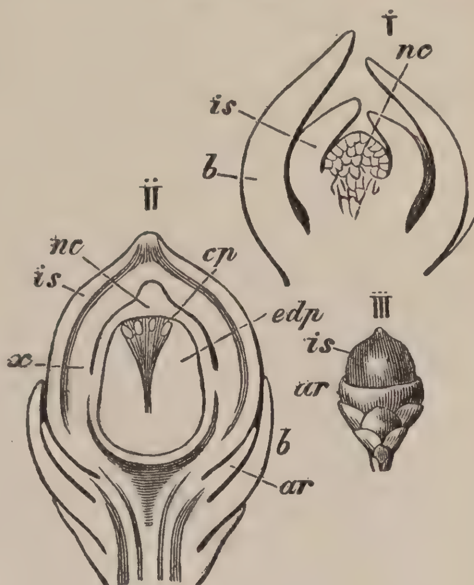
Après avoir examiné chaque organe floral en particulier et leur position relative dans les fleurs, nous avons à nous préoccuper de la situation de ces fleurs sur la plante même. La fleur peut, comme nous l'avons vu, provenir d'un bourgeon terminal ou bien d'un bourgeon axillaire ; quelquefois elle est isolée ou solitaire, mais elle est souvent réunie avec d'autres sur un axe commun, ce qui constitue une inflorescence. Les mêmes différences que l'on remarque dans la disposition des rameaux s'observent entre les inflorescences, et elles proviennent d'ailleurs dans les deux cas de la même cause, savoir la manière dont les rameaux secondaires sont disposés sur l'axe principal et le mode de développement des entrenœuds de ce dernier (Fig. 171). Les entrenœuds s'allongent-ils entre les bourgeons latéraux, les fleurs sont espacées entre elles et il en résulte un épi (*spica*) ou une grappe (*racemus*) ; ne s'allongent-ils pas, il se forme un capitule (*capitulum*) ou une ombelle (*ombella*). Si à leur tour les axes secon-

daires se ramifient, on a un épi composé, une grappe ou une ombelle composées. L'inflorescence mâle de beaucoup d'arbres angiospermes, les châtons comme on les nomme, ainsi que l'inflorescence femelle de

Fig. 171.



Fig. 172.



l'Aune, du Saule et de beaucoup de Conifères, sont de véritables épis; leur axe principal ou rachis porte des fleurs sessiles ou brièvement pédicellées. La fleur mâle des Conifères n'est pas une inflorescence; elle ressemble plutôt à un rameau dont les feuilles se seraient transformées en anthères; celles-ci ne sont pas disposées en verticille mais elles forment une spirale; chaque fleur est solitaire et munie d'un grand nombre d'étamines. Les inflorescences mâle et femelle du Platane sont un capitule, porté par un pédoncule propre; l'inflorescence du Cerisier est une ombelle; chez l'Orme (Pl. IV. Fig. 60), elle est fasciculée, et chez le Marronnier elle correspond à une grappe composée.

La fleur femelle de l'If est célèbre par son extrême simplicité; elle représente, en effet, un petit axe secondaire couvert de feuilles squammeuses et dont le cône végétatif s'est transformé en un ovule orthotrope entouré d'un tégument simple (Fig. 172). Immédiatement

Fig. 171. Les principales formes de l'inflorescence : *a.* l'épi (*spica*); *b.* la grappe (*racemus simplex*); *b.* avec *c.* grappe composée; *b.* avec *d.* grappe composée double; *e.* capitule (*capitulum*); *f.* inflorescence des Composées; *g.* ombelle globuleuse (*umbella globosa*); *h.* ombelle (*umbella*); *i.* forme de l'ombelle à surface plane; *k.* ombelle composée.

Fig. 172. *Taxus baccata : I.* Coupe longitudinale d'un jeune ovule consistant en un bourgeon terminal de rameau; *is.* le tégument simple; *nc.* le nucelle de l'ovule orthotrope; *b.* feuille du rameau. *II.* Ovule au moment de la fécondation (coupe longitud.); *cp.* les corpuscules de l'albumen (*edp*); *x.* périsperme provenant de l'enveloppe simple et se lignifiant plus tard dans sa partie intérieure; *ar.* ébauche de l'arille. *III.* Graine à demi-mûre; l'arille (*ar*) la recouvre jusqu'à la moitié (*I.* gross. 50 fois; *II* 5 fois).

après la fécondation survient une seconde enveloppe, l'arille (*arillus*), qui devient charnue, rougeâtre et entoure la graine quand elle est mûre. La fleur de l'If est dépourvue de toute espèce de périanthe, elle ne possède ni calice, ni corolle. Il en est de même chez le Podocarpus où un petit rameau axillaire porte des ovules anatropes, sans arille, au lieu de bourgeons axillaires (Fig. 173). L'inflorescence femelle ou le cône du Sapin, du Pin, de l'Epicea et du Mélèze, est un épi; autour

Fig. 173.

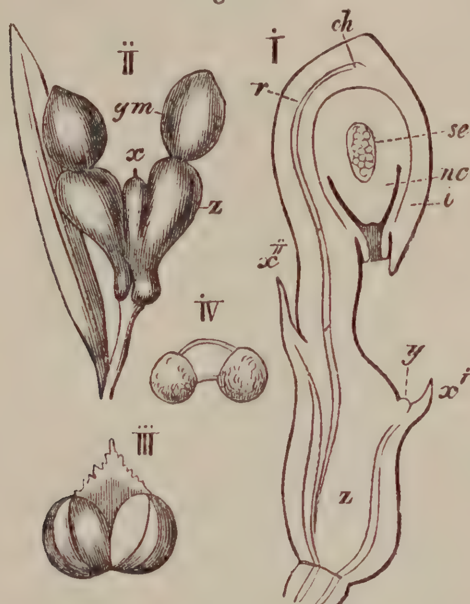
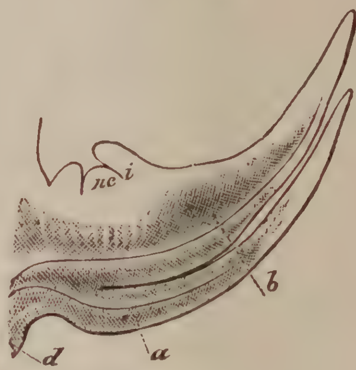


Fig. 174.



d'un axe principal ou rachis, se développent des bourgeons (*b*) à l'aisselle de bractées (*a*) qui correspondent à des feuilles (Fig. 67). Ces bourgeons ne forment pas de feuilles et ne s'allongent pas en rameaux, mais ils présentent à la base de leur face interne deux ovules dont le micropyle est dirigé vers la base de l'écaille (Fig. 174 et 175); cet ovule ne possède qu'un seul tégument. Chez le Sapin et le Mélèze, les bractées continuent à se développer en même temps que les écailles séminales situées à leur aisselle, et elles les dépassent lon-

Fig. 173. *Podocarpus lanceolata: I.* Coupe longitudinale de l'inflorescence femelle; x^{I} et x^{II} bractées squammeuses des ovules nus; celui en x^{II} est seul développé, tandis que en x^{I} l'ovule est resté sous la forme d'un petit mamelon (*y*), figurant le cône végétatif d'un bourgeon. Le mérithalle *z*. de l'inflorescence grossit plus tard et devient charnu; l'ovule anatrope a deux téguments qui ne sont libres, il est vrai, qu'à leur sommet seulement; *nc*. le nucelle; *se*. le sac embryonaire; *ch*. la chalaze; *r*. le raphé ou le faisceau vasculaire de l'ovule. *II*. Inflorescence à moitié mure avec deux ovules parfaits *ym*; *x*. bractée d'un ovule avorté. *III*. Étamine du *Podocarpus Sellowii*. *IV*. Grain de pollen du même (*I*. et *III*. gross. 10 fois; *IV*. gross. 200 fois et *II*. est de grand. natur.)

Fig. 174. Coupe longitudinale d'une écaille séminale (*b*), d'un jeune cône d'Épicea muni de sa feuille protectrice (*a*); *d*. l'axe du cône; *nc*. le nucelle de l'un des ovules situés sur l'écaille séminale; *i*. son enveloppe simple (gross. 50 fois).

guement dans le cône (Pl. I. Fig. 1 et Pl. II. Fig. 26). Chez le Pin et l'Épicea, au contraire, ces bractées restent petites et sont à peine visibles sur le cône. (Pl. I. Fig. 27 et Pl. II. Fig. 6). L'inflorescence femelle des Cupressinées est également un épi, qui ne consiste toutefois qu'en bractées à l'aisselle desquelles apparaissent un ou plusieurs ovules orthotropes (Fig. 176). Chez le Genévrier les trois dernières feuilles de l'inflorescence s'élèvent comme un ovaire en formant une enveloppe continue autour de trois ovules orthotropes; elles constituent une sorte de baie, dont le sommet, même à l'état de maturité, porte les vestiges des trois feuilles adhérentes (Fig. 177). L'écaille séminale des Abiétinées manque chez les Cupressinées et les ovules y sont libres à l'aisselle des bractées; chez les Araucaria chaque bractée du cône présente l'ébauche d'un ovule anatrope, mais qui ne parvient pas toujours à un développement complet (Fig. 178). Un cône de grande dimension renferme rarement plus de 40 graines.

Fig. 175.

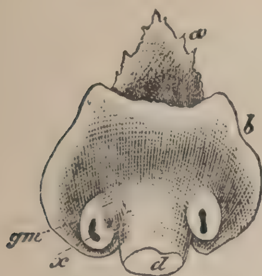


Fig. 176.



Les Abiétinées, les Cupressinées et l'Araucaria possèdent donc un cône qui correspond à une inflorescence spiciforme et dont les bractées ou bien les écailles séminales sont plus ou moins lignifiées. Chez les Cycadées l'inflorescence femelle est analogue à celle des Cupressinées (*Zamia* et *Macrozamia*), c'est-à-dire en cône, ou bien elles poussent une fronde dont les folioles inférieures sont remplacées par des ovules (Fig. 179). Chez le Sapin, le cône est isolé sur la face supérieure d'un rameau annuel de la flèche (Pl. I. Fig. 5 x); chez l'Épicea, au contraire, il provient le plus souvent du bourgeon terminal d'un axe latéral (Pl. I. Fig. 27); quant au Mélèze ses cônes

Fig. 175. Une jeune écaille séminale (*b*) munie de sa feuille protectrice *a*. et détachée le 21 mai 1853, d'un cône d'Epicea au moment où elle se trouvait encore sous la garde des écailles protectrices du bourgeon; *d*. point d'attache au cône; *gm*. ovules; *x*. le micropyle simple (gross. 15 fois.)

(Fig. 176. *Thuja aurea* : Coupe longitudinale de l'inflorescence femelle; *x*. écaille séminale à l'aisselle de laquelle se trouvent un ou deux ovules dressés, orthotropes (*y*); *b*. feuilles à la partie inférieure de l'inflorescence (gross. 10 fois).

naissent d'un bourgeon qui a déjà émis un verticille de feuilles (Pl. II. Fig. 23).

Le cône de ces trois arbres s'ébauche en été, vers la fin de juillet, et passe l'hiver à l'abri des écailles protectrices de son bourgeon qu'il perce au printemps suivant; il est alors fécondé et mûrit des semences à l'automne de cette seconde année, de sorte que sa vie dure ainsi de douze à treize mois. Il en est autrement chez le Pin où le cône fait sa première apparition au printemps sous le bourgeon terminal de la nouvelle pousse, à l'endroit même où d'ordinaire naît un verticille de rameaux (Pl. II. Fig. 1 et 2); ce jeune cône, d'abord dressé, est bientôt fécondé et se rejette de côté; il grandit fort peu pendant ce premier été, ses écailles se resserrent et les tubes polliniques restent inactifs dans le tissu du nucelle; il passe l'hiver à nu et continue à se développer pendant le printemps suivant; ses graines mûrissent en automne et enfin il s'ouvre au printemps de la troisième année, sous l'influence de la chaleur du soleil, et le vent dissémine alors ses

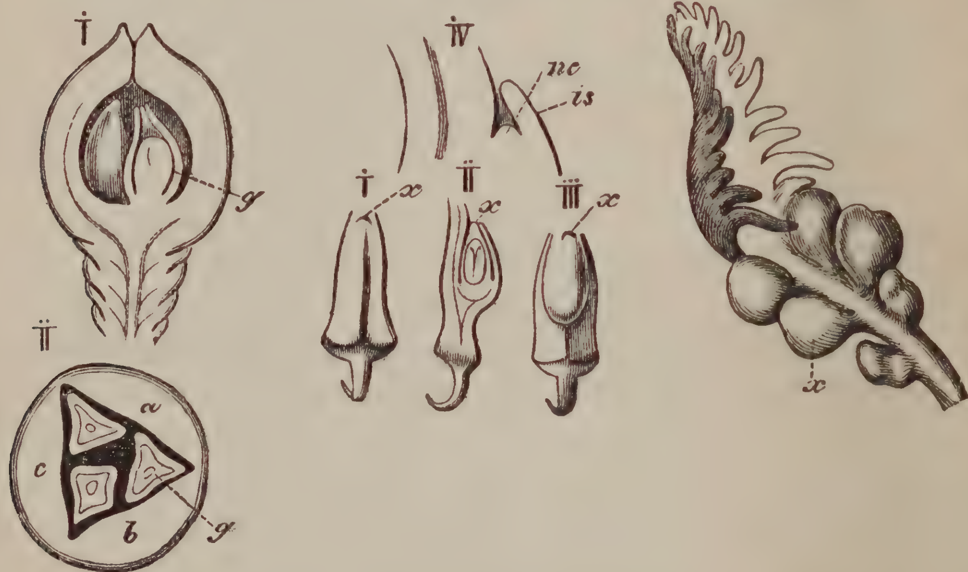


Fig. 177. *Juniperus communis*. *I*. Coupe longitudinale d'une baie au second printemps; *g*. un des ovules dressés. *II*. Coupe transversale; *a*. *b*. *c*. les trois feuilles soudées qui constituent la baie et qui entourent les graines comme le ferait un ovaire; *g*. un des trois ovules qui ne sont pas insérés à l'aisselle des trois feuilles mais qui sont alternes avec elles (gross. 5 fois).

Fig. 178. *Araucaria brasiliensis*. Écailles de l'inflorescence femelle ou du jeune cône à l'époque de la floraison. *I*. Écaille vue d'en haut dont l'ovule *x*. n'a pas été formé. *II*. Coupe longitudinale d'une écaille munie d'un ovule développé; *x*. le micropyle. *III*. L'une de ces écailles vue d'en haut. *IV*. La partie *x*. de l'écaille *I*. vue sous une coupe longitudinale (gross. 8 fois); *nc*. nucelle de l'ovule; *is*. son enveloppe unique.

Fig. 179. Disposition des graines chez le *Cycas revoluta* (réduite au cinquième); *x*. semence mûre.

graines ailées. La vie d'un cône de Pin, comptée depuis sa naissance jusqu'à la maturité de la graine, se prolonge donc au moins pendant dix-huit à vingt mois; il en est de même pour tous les Pins proprement dits. Chez le Pin Pignon (*Pinus Pinea*), il faut même un an de plus; on en trouve avec des cônes annuels, bisannuels et trisannuels: les graines de Genévrier exigent aussi trois années pour mûrir.

La fleur mâle des Conifères appartient, comme nous l'avons déjà remarqué, à la catégorie la plus simple; elle ressemble à un rameau dont presque toutes les feuilles se seraient transformées en étamines, les plus inférieures seules prenant la forme d'écaille (Pl. I. Fig. 18 et 37; Pl. II. Fig. 15, 16, et 31). Cette fleur naît chez tous les Conifères que nous connaissons, sans en excepter le Pin, à la fin de l'été, sous la protection de squammes écailleuses (Fig. 66). Au printemps cette fleur perce son bourgeon, son mince pédoncule s'allonge et la soulève plus ou moins au-dessus de l'involucre de ses écailles protectrices. Celles du Sapin et de l'Epicea sont munies d'un pédoncule mince et assez long (Pl. I. Fig. 18 et 37), tandis que celles du Pin et du Mélèze sont brièvement pédicellées (Pl. II. Fig. 14, 15 et 23 *m*). Lorsque les anthères biloculaires se sont ouvertes et que le pollen s'en est échappé, le pédoncule et la partie axillaire de la fleur se dessèchent et la fleur se fane; chez le Sapin les écailles protectrices qui accompagnaient les fleurs mâles persistent pendant plusieurs années sur les branches.

Les fleurs mâles se montrent chez le Sapin à la face inférieure des rameaux annuels de la cîme à l'aisselle des feuilles aciculaires; chez l'Epicea sur les rameaux de l'année: quant au Mélèze, ses fleurs mâles proviennent, comme ses cônes, du bourgeon d'une branche raccourcie qui avait antérieurement porté un verticille de feuilles; dès l'automne on distingue les bourgeons à fleurs sous la forme de petits mamelons bruns, légèrement convexes et entourés d'une couronne de feuilles aciculaires (Pl. II. Fig. 37). Les fleurs mâles du Pin se développent au moyen des bourgeons axillaires situés à la moitié inférieure de la jeune pousse et qui, si la floraison n'avait pas eu lieu, se seraient présentés sous la forme d'une feuille aciculaire double (Pl. II. Fig. 14 *m*.). Ces fleurs mâles entourent en fort grand nombre la partie inférieure de la jeune pousse dont la moitié supérieure porte des feuilles doubles: on reconnaît ainsi que le bourgeon à fleur ne diffère pas à l'origine des bourgeons à feuilles. Le nombre des fleurs, ainsi que la longueur de la pousse, augmente chez le Pin proportionnellement à la force de l'arbre. On reconnaît les rameaux mâles, lors-

que les fleurs sont flétries et tombées, à ce que leur moitié inférieure est dégarnie de feuilles aciculaires. Les fleurs mâles de l'Araucaria et des Cupressinées, ainsi que celles de l'If, ne se distinguent des fleurs des Abiétinées que par la nature des étamines qui ne sont pas, comme chez ces dernières, pourvues d'anthères biloculaires, mais présentent à leur face inférieure des sacs polliniques (Fig. 180): il en est de même chez les Cycadées, tandis que la fleur mâle des Podocarpus est analogue à celle des Abiétinées.

Les Amentacées ont toutes les sexes séparés et elles sont principalement caractérisées par leur inflorescence mâle en châton et leur graine exalbuminée; elles comprennent notamment les vraies Cupulifères tels que les Chênes, les Hêtres, les Châtaigners. La fleur mâle de ces arbres se distingue par un périgone le plus souvent quinquepartite, dépourvu de bractée (Pl. III. Fig. 1 et 20) et par des étamines quadriloculaires à filets continus (Pl. III. Fig. 13-15 et 31). La fleur femelle des Cupulifères est caractérisée par une véritable cupule qui provient d'un disque et qui développe, en continuant à croître, de véritables feuilles sur ses bords. Chez le Chêne cette cupule est urcéolée, et elle entoure seulement la base d'un fruit unique (Pl. III. Fig. 3, 4, 6 et 9); mais chez le Hêtre et le Châtaignier la cupule constitue un involucre complet à quatre divisions et renfermant deux ovaires chez le Hêtre, de deux à huit ovaires chez le Châtaignier (Pl. III. Fig. 21 et 24). L'ovaire des Cupulifères vraies est infère; il est surmonté de deux à sept stigmates et, en général, d'un même nombre de feuilles périgoniales qui se dessèchent avec l'âge (Pl. III. Fig. 5, 6 et 21). Les placentas sont pariétaux et en même nombre que celui des stigmates (Pl. III. Fig. 7 et 22); chaque placenta porte deux ovules anatropes et munis d'un double tégument (Pl. III. Fig. 7, 8, 22 et 23). Bien que tous les placentas soient ovulifères, il n'y a, en général, qu'une seule graine qui arrive à maturité. La moitié inférieure de l'ovaire devient pluriloculaire par la réunion de la columelle avec les placentas pariétaux (Pl. III. Fig. 21). Quant

Fig. 180.



Fig. 180. *Cupressus horizontalis.* Coupe longitudinale pratiquée par le milieu d'une inflorescence mâle; *pv.* cône végétatif de l'axe floral; *a.* extrémité peltiforme de l'étamine; *b.* le filet auquel est suspendu le sac pollinique (*c*); *f.* feuilles écailleuses à la base de l'axe floral (gross. 12 fois).

à l'embryon, on sait que le Chêne et le Hêtre sont munis de deux gros cotylédons amylacés, qui restent hypogés pendant la germination (Pl. III. Fig. 11), tandis que ceux du Hêtre sont foliacés, verts et épigés (Pl. III. Fig. 29).

Le Noyer se rapproche beaucoup des Cupulifères proprement dites. Le châton mâle consiste, comme chez elles, en fleurs solitaires, constituées par un périgone quinquepartite et par un nombre indéfini d'étamines à filets continus et à anthères quadriloculaires. La bractée, qui chez les Cupulifères manque entièrement, est ici représentée par une petite écaille. La fleur femelle présente, outre un disque, trois verticilles foliacés à deux divisions qui forment un périgone supère et deux feuilles stigmatifères fort développées ; le disque ne prend pas d'accroissement et il est seulement élevé par le grossissement de l'ovaire; de là vient que la cupule manque. Les deux placentas pariétaux restent stériles; la columelle porte un seul ovule dressé et dont le tégument est simple : les deux cloisons incomplètes et ligneuses qui divisent la noix, se forment plus tard au moyen des deux placentas stériles. La noix germe, comme les glands, en gardant ses cotylédons oléagineux dans l'intérieur du péricarpe.

Les Carpinées, auxquelles appartiennent, d'après Doll, le Charme, le Coudrier et l'Ostrya, portent sur l'inflorescence mâle des bractées fort développées, ayant à leur aisselle des étamines à filet bifide, de sorte que chaque moitié d'étamine paraît biloculaire (Pl. IV. Fig. 20). En l'absence de périgone on ne peut reconnaître si les étamines situées à l'aisselle de chaque bractée constituent une seule ou plusieurs fleurs: les analogies du Noisettier avec l'Aune permettent toutefois de supposer chez lui l'existence de deux fleurs; chaque demi étamine est munie d'une touffe de poils. L'inflorescence femelle est en épi comme le châton : deux fleurs apparaissent à l'aisselle de chaque bractée ; elles consistent en une première feuille qui simule une fausse cupule (x), puis un verticille foliacé (p) et deux stigmates (Pl. IV. Fig. 1 et 13) ; la loge ovarienne est sous-jacente à ces deux verticilles (Pl. IV. Fig. 3 et 16) ; l'ovaire est donc infère; il possède deux placentas pariétaux dont un seul est fertile (Pl. IV. Fig. et 4 et 15) et porte deux ovules anatropes à enveloppe simple (Pl. 4. Fig. 5). Il n'y a, en général, qu'une seule graine qui arrive à maturité. (Pl. IV. Fig. 17). Chez le Charme la fausse cupule se présente sous la forme d'une feuille étalée, mais chez le Noisettier elle constitue un involucre qui enveloppe étroitement le fruit. Les cotylédons du Noisettier poussent

au-dessus du sol et ceux du Charme s'étalent en feuilles vertes.

Chez les Bétulinées, c'est-à-dire les Bouleaux et les Aunes, l'épi mâle porte à l'aisselle des bractées deux (*Betula*) ou trois (*Alnus*) fleurs. Chez le Bouleau ces fleurs consistent en un périgone biphylle et deux étamines ; chez l'Aune en un périgone tétraphylle et quatre étamines (Pl. IV. Fig. 36 et 30). Chaque étamine est partagée, par suite de la division de son filet, en deux moitiés symétriques (Pl. IV. Fig. 37) dépourvues de la houppe pubescente qui caractérise les vraies Cupulifères. L'inflorescence femelle est un épi dont chaque bractée produit deux fleurs chez l'Aune et trois chez le Bouleau. Ces fleurs sont constituées par deux feuilles stigmatifères dont la base est épaissie et sous lesquelles la cavité ovarienne se creuse petit-à-petit (Pl. IV. Fig. 25 et 26). Il y a deux placentas pariétaux dont un seulement est fructifère (Pl. IV. Fig. 26 et 41) ; les deux ovules qu'il porte sont anatropes et pourvus d'un tégument simple (Pl. IV. Fig. 40). Chez l'Aune on observe, en outre, à la base de chaque ovaire, une petite feuille qui pourrait peut-être représenter une fausse cupule rudimentaire. Le Bouleau se rapproche beaucoup plus des Carpinées que l'Aune sous le rapport de la structure de son bois et de son écorce. Les carpelles de l'épi femelle de l'Aune se lignifient et cette inflorescence rappelle ainsi quelque peu celle des Cyprès ; chez le Bouleau, au contraire, les bractées se détachent du rachis à la maturité des fruits, comme les graines de Sapin. Les cotylédons de l'Aune et du Bouleau sont foliacés et montent au-dessus de la surface du sol pendant la germination (Pl. IV. Fig. 46 et 33).

Les Bétulinées nous conduisent, par la série des affinités naturelles, aux Casuarinées de la Nouvelle-Hollande et aux Salicinées parmi lesquelles se trouvent notre Saule et notre Peuplier. Les inflorescences mâle et femelle des Salicinées sont en épis pendants, dont les bractées portent chacune une fleur à leur aisselle. Cette fleur consiste dans les châtons mâles en 2-5 étamines quadriloculaires à filet soudé et dans les épis femelles en un ovaire surmonté de deux stigmates; souvent il existe, en outre, dans les deux sexes un disque urcéolé. L'ovaire produit de nombreux ovules insérés sur deux placentas pariétaux (Pl. IV. Fig. 47-52), et qui en germant étalent leurs deux cotylédons verts et foliacés.

Un coup-d'œil en arrière nous fait voir que chez les Cupulifères vraies et les Juglandées, l'inflorescence mâle est seule en châton, tandis qu'à partir de ces familles les deux sexes sont disposés en épi. Les vraies Cupulifères ont seules une cupule proprement dite ; chez

le Noyer le disque qui devrait la former ne prend plus de développement. La fausse cupule du Charme et du Noisettier consiste en une feuille et n'est, par conséquent, pas comparable à celle des Cupulifères qui est d'origine axillaire et se creuse en produisant des feuilles. Le Charme et le Noisettier se rapprochent plutôt des Bétulinées quant à leur inflorescence; ils ne s'en distinguent que par la fausse cupule et par le verticille foliacé sous-jacent aux stigmates et qui manque chez les Bétulinées; pour le reste, ils ont, comme celles-ci, deux placentas dont l'un est fertile et l'autre stérile et des ovules à tégument simple, tandis que chez les Cupulifères proprement dites tous les placentas sont fructifères et les ovules munis de deux enveloppes. De plus, le filet bifide des étamines de Charme et de Noisettier est absolument analogue à celui des Bétulinées, et il ne se distingue de celui de l'Aune et du Bouleau que par la présence d'une houppe pubescente au sommet de chaque division. L'organisation du pollen et la structure du bois confirment encore ces affinités; on peut, enfin, ajouter à cela la fécondation précoce et la fructification tardive qui sont un caractère important commun aux divers groupes des Carpinées et des Bétulinées. Les Salicinées se distinguent des Bétulinées par l'absence de périgone et par l'indivision des étamines pour les fleurs mâles, et pour les fleurs femelles par la fertilité des deux placentas ainsi que par la formation de plusieurs ovules sur chacun d'eux (1).

L'inflorescence femelle du Noisettier ressemble à un rameau muni de mérithalles fort raccourcis et dont les feuilles inférieures seraient transformées en écailles; la jeune pousse placée sous leur protection porte à l'aisselle de sa feuille supérieure deux fleurs dont les stigmates sortent du bourgeon à l'époque de la floraison, qui a lieu en février et mars, et se présentent sous la forme d'une aigrette rouge (Pl. IV. Fig. 10 *A*). A ce moment les ovules n'existent pas encore dans les ovaires. Le Noisettier se distingue du Charme en ce que son inflorescence femelle reste en quelque sorte renfermée dans le bourgeon et que sa floraison est fort précoce, tandis que chez la seconde de ces espèces, l'inflorescence a la forme d'un épi pendant et fleurit au commencement du mois de mai. Quant aux fleurs proprement dites situées à l'aisselle de chaque bractée, elles ne diffèrent par aucun caractère essentiel. L'involucre vert qui entoure les noisettes se compose de deux organes foliacés,

(1) Voy. Schacht, *Beiträge zur Anatomie und Physiologie*, p. 32-55 et p. 182-219.

qui semblent représenter deux stipules dont la feuille médiane ne se serait pas développée (Pl. IV: Fig. 15 x); cet involucre n'est pas comparable à la cupule du Chêne ou du Hêtre, mais il correspond à la feuille libre et tripartite qui entoure les fruits de Charme (Pl. IV. Fig. 1 et 2). — L'inflorescence mâle du Hêtre est un capitule longuement pédicellé (Pl. III. Fig. 20), dont chaque fleur est munie d'un périgone quinquepartite et de 5 à 15 étamines (Pl. III. Fig. 30). L'inflorescence mâle du Chêne et du Châtaignier est, au contraire, un épi très-allongé (Pl. III. Fig. 1) dont les fleurs sont séparées les unes des autres par suite de l'allongement des entre-nœuds; elles consistent en un périgone quinquepartite environnant de 5 à 10 étamines (Pl. III. Fig. 12). L'inflorescence femelle du Hêtre et du Châtaignier est un capitule où sont réunies deux fleurs chez le Hêtre, et de trois à sept chez le Châtaignier; l'involucre quadripartite qui les enveloppe correspond à la cupule urcéolée du Chêne qui n'entoure qu'une seule fleur (Fig. 181 et 182). — La fleur femelle du Noyer est solitaire et se comporte comme celle du Chêne; son inflorescence mâle est, comme chez toutes les Amentacées, un épi pendant. Les inflorescences mâles et femelles des Bétulinées et des Salicinées sont également des châtons.

Les inflorescences mâles des Aunes, des Bouleaux et des Coudriers qui sont déjà formées en automne, passent l'hiver à nu : celles du Charme, du Saule et du Peuplier percent au printemps les écailles protectrices de leurs bourgeons. Le Chêne et le Hêtre possèdent des bourgeons mixtes, ce qui revient à dire qu'ils forment au printemps un rameau feuillé qui perce les écailles du bourgeon et qui émet latéralement de certains bourgeons axillaires des inflorescences femelles et des inflorescences mâles existant à l'état rudimentaire depuis l'automne précédent (Pl. III. Fig. 18 et 38). L'inflorescence femelle du Charme provient également d'un

Fig. 181.



Fig. 182.



Fig. 181. Fruit et cupule du Chêne à fruits sessiles. *Quercus sessiliflora.*
Fig. 182. Fruit du Chêne de Bourgogne dans sa cupule (*Quercus Cerris*).

bourgeon mixte. Celle de toutes les Amentacées passent l'hiver à l'abri des écailles; le Coudrier, l'Aune, le Bouleau, le Saule et le Peuplier sous des bourgeons spéciaux; le Chêne, le Hêtre et le Charme sous des bourgeons mixtes.

Le Frêne (*Fraxinus excelsior*), de la famille des Oléinées, a une fleur hermaphrodite sans périgone, formée de deux étamines quadriloculaires et d'un ovaire supère séparé en deux loges par deux placentas pariétaux, et possède quatre ovules pendants anatropes (Pl. IV. Fig. 53–59). Chez le Frêne à fleurs (*Fraxinus ornus*), qui est originaire du Midi de l'Europe (Espagne), de même que chez l'Olivier, il existe un calice quadrisépale et une corolle à quatre divisions profondes.

Chez l'Orme (*Ulmus campestris et effusa*) qui est de la famille des Morées, nous trouvons un périgone quinquepartite, cinq étamines et un ovaire supère renfermant un ovule pendant anatrope (Pl. IV. Fig. 60-63). Chez l'Erable (*Acer campestre* et *pseudoplatanus*) les divisions du calice, les pétales de la corolle et les étamines sont au nombre de 5 à 9, le plus souvent de 8 (Pl. IV. Fig. 64). L'ovaire est supère, surmonté de deux longs stigmates et devenu biloculaire au moyen de deux placentas pariétaux (les fleurs mâles s'atrophient assez souvent). Le Tilleul (*Tilia grandiflora* et *parvifolia*) possède un calice à cinq sépales et une corolle pentapétale, alternes l'un avec l'autre et auxquels succèdent plusieurs verticilles de cinq étamines; l'ovaire est supère et partagé en cinq loges par cinq placentas pariétaux; le style colonnaire porte des stigmates peu développés (Pl. IV. Fig. 66–71). Les ovules de ces trois arbres dont nous venons de parler, sont anatropes et pourvus d'une double enveloppe; chez le Frêne et chez l'Orme le micropyle est droit, c'est-à-dire tourné vers le canal pistillaire, tandis que chez l'Erable et le Tilleul il est renversé; chaque placenta du Frêne, de l'Erable et du Tilleul ne forme que deux ovules, comme ceux du Chêne et du Hêtre.

L'inflorescence mâle d'un grand nombre d'arbres se développe avant les fleurs femelles, de sorte qu'au moment de l'émission du pollen les ovules sont à peine ébauchés dans les loges carpellaires; il en est ainsi notamment chez le Noisettier, l'Aune et le Bouleau. Les épis femelles de l'Aune et du Bouleau s'épanouissent au printemps, quand les châtons mâles sont déjà ouverts, mais ils avaient été préparés dès l'automne de l'année précédente.

L'activité propre des ovules commence surtout lorsque les étamines

ont accompli leur fonction. Dès que le pollen a été émis, les fleurs mâles ou les étamines des fleurs hermaphrodites se flétrissent, tandis qu'un surcroît d'activité vitale se manifeste dans les fleurs femelles ou dans l'ovaire lorsque l'appareil sexuel est hermaphrodite.

Les Conifères ont tous des fleurs unisexuées, tantôt réunies sur le même arbre (chez le Sapin, le Pin, l'Epicea et le Mélèze), tantôt séparées sur des pieds différents (chez l'If, le Genévrier et l'Araucaria). Le Chêne, le Hêtre, le Châtaignier, le Noyer et le Noisettier, ainsi que le Bouleau et l'Aune sont monoïques, tandis que les Saules et les Peupliers sont dioïques. Le Frêne, l'Orme, l'Erable, le Tilleul et le Marronnier ont des fleurs hermaphrodites. L'inflorescence du Marronnier, de l'Erable et du Frêne consiste en une grappe composée ; celle du Tilleul est une ombelle pédicellée pauciflore, munie d'une bractée particulière, une sorte de spathe, soudée jusqu'au milieu avec le pédoncule commun.

Par ce qui précède nous avons appris à connaître et à distinguer les parties essentielles des fleurs en général, et spécialement les fleurs de nos arbres forestiers les plus importants ; nous pouvons dès lors nous occuper des destinées de ces fleurs, en d'autres termes de la formation de l'embryon.

Le germe ou embryon de tous les végétaux phanérogames naît dans le sac embryonnaire de l'ovule immédiatement après la fécondation ; cette formation est provoquée par le pollen, cette substance fécondante dont les formes sont si éminemment variées chez les plantes et souvent aussi fort gracieuses.

Les grains de pollen (1) se forment toujours au nombre de quatre, comme des cellules-filles dans l'intérieur d'une cellule-mère; au moment de la fécondation ils consistent chacun en une cellule libre et pourvue d'une double membrane; la cuticule externe, nommée exine ou exhyménine est insoluble dans l'acide sulfurique, et par conséquent ne consiste pas en cellulose ; elle enveloppe la membrane interne, l'intine ou endhyménine, qui est généralement mince et formée de cellulose, de sorte qu'elle se colore en bleu par l'action de l'iode et de l'acide sulfurique et se dissout dans ce dernier réactif suffisamment concentré. Au moment de la fécondation, l'endhyménine se développe

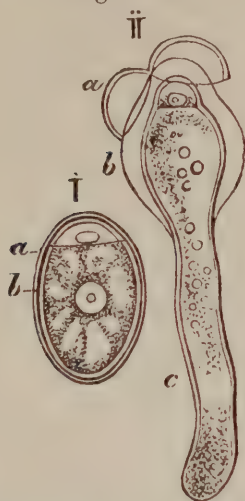
(1) Pour plus de détails, voyez Schacht, *über den Bau einiger Pollenkörner,* dans la *Revue de Pringsheim* (t. II. p. 109-168).

en un tube pollinique qui traverse l'exhyménine soit par une ouverture déjà préparée à l'avance, soit en la perçant en un point aminci. Il existe quelquefois plusieurs pores efférents destinés à livrer passage à des tubes polliniques, mais chaque grain de pollen n'en émet, en général, qu'un seul. Celui-ci se dirige alors vers les ovules en un tube simple, rarement, comme chez le Hêtre, en se ramifiant. La membrane externe du pollen varie beaucoup et présente souvent une conformation des plus grâcieuses et des plus régulières, telles que celles qui résultent de la présence de piquants, de crêtes, etc.; les Malvacées et les Composées sont, entre autres, fort remarquables sous ce rapport. Chez les Cucurbitacées, les pores efférents sont fermés par des opercules mobiles. L'intine est autrement organisée; c'est une membrane uniformément mince sauf quelquefois aux endroits qui correspondent aux pores efférents où elle est légèrement épaissie en vue de la formation du tube pollinique. Lorsqu'il en est ainsi et qu'au lieu d'ouvertures, l'exhyménine n'est pourvue que d'amincissements partiels, alors le grain de pollen présente autant de replis qu'il y a d'endroits efférents, par exemple, chez le Chêne et le Hêtre (Pl. III. Fig. 16 et 33 *a*); ces plis bien visibles à l'état sec disparaissent sous l'eau (Pl. III. Fig. 17 et 33 *b*). Les épaississements de l'intine sont particulièrement développés chez le Charme (Pl. III. Fig. 8 et 9). Le nombre des endroits efférents pour le tube pollinique varie suivant les plantes; il n'y en a, en général, qu'un seul chez les monocotylédones, tandis que l'on en observe trois et même plus chez les dicotylédones; les pollens du Chêne, du Hêtre, du Bouleau, du Frêne et du Tilleul, par exemple, ont trois endroits efférents (Pl. III. Fig. 17 et 33 *b*; Pl. IV. Fig. 22, 38, 59 et 69) : ceux du Charme, de l'Aune et de l'Orme n'en ont pas moins de cinq (Pl. IV. Fig. 8, 9, 31 et 63), et ils sont beaucoup plus nombreux encore chez les Malvacées, les Convolvulacées, les Nyctaginées, les Chénopodiacées, etc. Chez tous les végétaux dicotylédones angiospermes, l'endhyménine se transforme directement en tube pollinique; chez les gymnospermes, au contraire, il se développe des cellules-filles dans l'intérieur des grains de pollen; ainsi chez le Sapin, le Pin, l'Epicea et le Mélèze, par exemple, il existe un corpuscule composé de plusieurs cellules dont la dernière forme le tube pollinique (Pl. I. Fig. 17; Pl. II. Fig. 18, 19 et 36 *x*); le pollen de l'If, du Cyprès et du Genévrier produit deux cellules-filles seulement dont la plus grande émet le boyau pollinique (Fig. 183). Chez tous les Coni-

fères la surface extérieure des grains de pollen est dépourvue de stries.

Le vent et les insectes sont souvent fort utiles pour la dispersion de la poussière fécondante: ainsi la plupart des Orchidées et des Asclépiadées ne peuvent se féconder d'elles-mêmes parce que, en vertu de la position de leurs étamines, le pollen ne peut atteindre les stigmates.

Fig. 183.



Lorsque le pollen est mis en contact avec le stigmate il absorbe le liquide que cet organe sécrète et qui contient de la gomme, du sucre et d'autres substances solubles; il émet ensuite une cellule tubuleuse, le tube pollinique; celui-ci traverse le tissu épidermique du stigmate et traverse le tissu conducteur du style tout imprégné de liquide; il est conduit ainsi jusque dans la cavité ovarienne près des placentas d'où il atteint enfin l'ovule et spécialement le micropyle (Fig. 166). Chez tous les Conifères le pollen tombe immédiatement sur le micropyle qui sécrète une liqueur contenant du sucre et de la résine et dont la première favorise la formation du tube pollinique.

Nous savons déjà que le sac embryonnaire consiste en une grande cellule, le plus souvent allongée et située dans l'intérieur du nucelle; on trouve aux deux extrémités de ce sac, avant que la fécondation ait eu lieu, deux ou trois cellules, savoir du côté du micropyle les vésicules embryonnaires (*Keimkoerperchen*) et du côté de la chalaze leurs *antipodes* (*Gegenfüssler*).

Amici, qui avait déjà découvert le boyau pollinique, a également observé pour la première fois les vésicules embryonaires: ces petits corpuscules, généralement situés à l'extrémité supérieure du sac embryonaire, constituent, dans la plupart des cas, une petite masse striée, formée de cellulose, faisant saillie au-dessus du sac sous la forme d'une pointe arrondie, brillante et visqueuse et que l'on peut nommer appareil filamentaire (*Fadenapparat*). Dans quelques cas cette petite masse s'allonge longuement au-delà du micropyle, comme chez le *Watsonia*, mais, en général, elle reste courte (*Gladiolus, Crocus, Zea*);

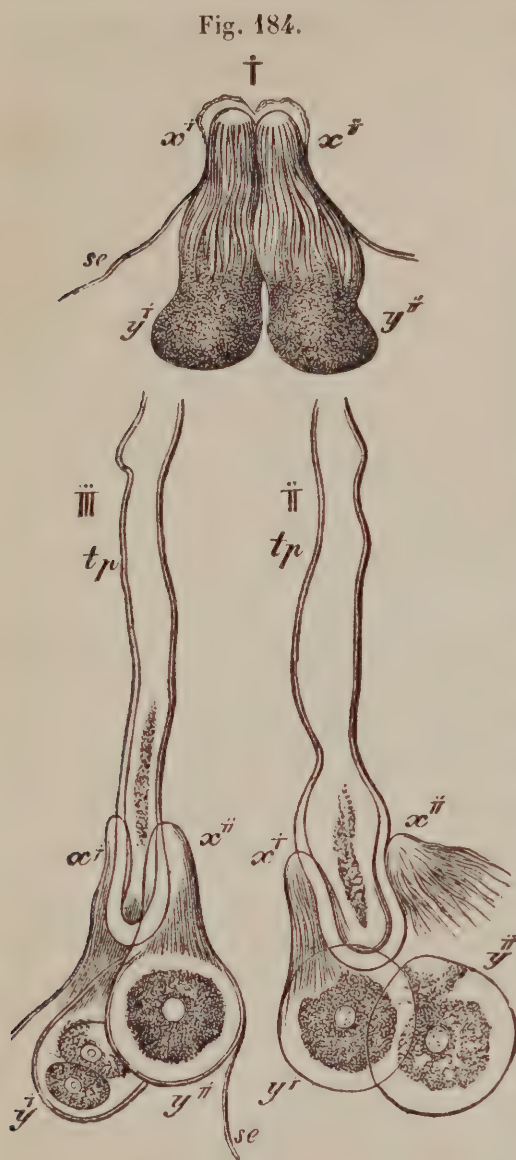
Fig. 183. *Cupressus sempervirens*. *I*. Grain de pollen avec ses deux cellules-filles : *a*. l'extine; *b*. l'intine. *II*. Un autre qui a produit un boyau pollinique (*c*) au moyen de sa plus grande cellule-fille (gross. 300 fois).

elle se termine inférieurement en une petite masse sphérique de protoplasma granuleux qui constitue le globule protoplasmatique. Il suffit d'un séjour de quelques secondes dans l'eau du porte-objet du microscope, pour que ce globule se liquéfie parce qu'il n'est pas encore muni d'une membrane assez solide, tandis que l'appareil filamentaire résiste et se maintient. Ces deux parties constituent ensemble une vésicule ou corpuscule embryonaire qui d'ailleurs représente une véritable cellule et possède un cytoblaste central ; seulement sa structure si compliquée l'éloigne assez de ce que l'on entend ordinairement par vésicule. On trouve ordinairement au sommet du sac embryonaire deux corpuscules embryonaires, en général très-rapprochés l'un de l'autre. La première cellule du jeune embryon se forme, comme nous le verrons bientôt, aux dépens du globule protoplasmatique et avec la coopération du tube pollinique. — A l'extrémité opposée du sac embryonaire se trouvent deux ou trois cellules à membrane solide pourvues d'un noyau et disparaissant petit-à-petit après la fécondation à laquelle elles ne prennent aucune part : on les nomme cellules *antipodes*.

Le tube pollinique, qui s'est avancé à travers le micropyle, atteint bientôt le sommet du sac embryonaire où se trouvent les deux corpuscules : il se met en contact indirect avec eux au moyen de l'appareil filamentaire qui proémine dans le micropyle et avec lequel il s'agglutine dans la plupart des cas, de telle sorte qu'on ne saurait plus les séparer l'un de l'autre sans les blesser (Fig. 184). A ce moment l'extrémité du tube pollinique se ramollit et se gonfle comme de la gélatine, et son contenu granuleux, composé de sucre, de gomme, de gouttelettes d'huile et de mucilage azoté, disparaît en grande partie ou en totalité. Dès ce moment le globule protoplasmatique de chaque vésicule embryonaire ne se dissout plus dans l'eau sous les yeux de l'observateur, car il s'est couvert d'une membrane solide qui le sépare nettement de son appareil filamentaire; en d'autres termes, il est devenu par la fécondation la première cellule du nouvel embryon. En général, les deux globules protoplasmatiques s'environnent d'une membrane à la suite du contact des deux appareils filamentaires avec le boyau pollinique ; cependant il est de règle qu'un seul des deux embryons continue à se développer. A cet effet la première cellule, dont nous venons de voir la formation, se partage horizontalement en deux nouvelles cellules dont l'inférieure, par une multiplication continue de cellules, devient l'embryon, tandis que la supérieure constitue son suspenseur et le réunit à la membrane du

sac embryonaire. Ce suspenseur consiste rarement en plusieurs cellules ; tantôt il reste court, comme chez le Gladiolus, le Crocus, le Chêne et le Hêtre, tantôt il s'allonge en un tube qui enfonce le jeune embryon à une plus ou moins grande profondeur dans le sac embryonaire, comme chez la Pédiculaire, la Sauge, le Stachys, etc. L'embryon rudimentaire est alimenté au moyen d'un tissu cellulaire qui se forme dans l'intérieur du sac embryonaire aussitôt après la fécondation et qui contient, suivant les plantes, différentes substances nutritives, telles que de la fécule, de l'aleurone, de l'huile grasse, etc. ; l'embryon les consomme en totalité ou en partie pour son développement. Ce tissu nourricier du sac embryonaire constitue l'albumen ou endosperme ; lorsqu'il n'est pas complétement absorbé et que la graine est par conséquent albuminée, l'embryon s'en nourrit pendant la germination.

Fig. 184.

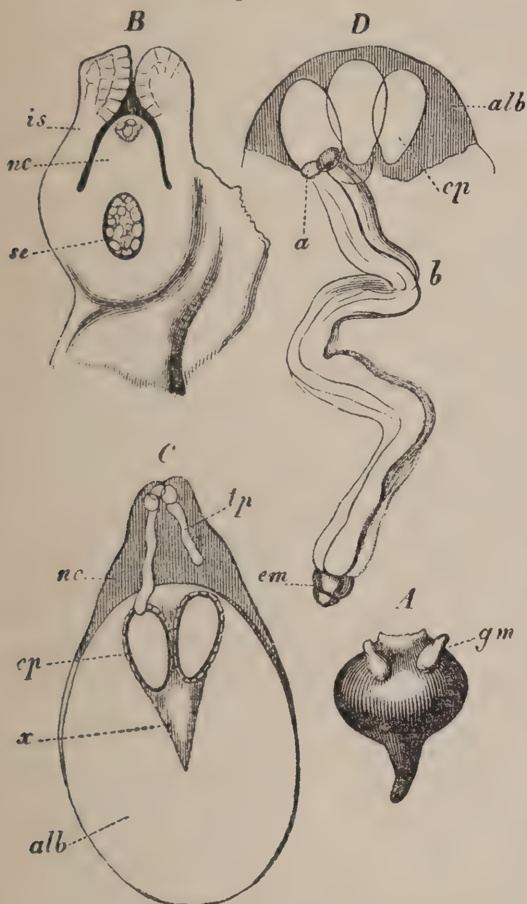


La formation de l'embryon telle que nous venons de la décrire s'observe chez toutes les phanérogames angiospermes ; chez les Conifères et les Cycadées, qui sont gymnospermes, elle se fait d'une manière un peu différente. Chez ces arbres, le pollen tombe directement sur

Fig. 184. Fécondation du *Gladiolus segetum : I.* Les deux corpuscules embryonaires non fécondés et placés à l'extrémité du sac embryonaire ; *x.* appareil filamentaire ; *y.* sphère de protoplasma ; *se.* membrane du sac embryonaire qui se confond par résorption avec les extrémités brillantes des deux appareils filamentaires. — *II.* Jonction récente du tube pollinique avec les deux corpuscules embryonaires : le globule protoplasmatique de ces corpuscules s'entoure d'une membrane dont les contours paraissent simples.—*III.* Après un contact plus prolongé des deux sexes, le globule protoplasmatique du corpuscule de gauche (*y'*) est fécondé ; son contenu, en se divisant, a produit deux cellules, dont l'inférieure est l'origine de l'embryon et la supérieure le point de départ du suspenseur : la membrane des globules protoplasmatiques présente en ce moment un double contour (gross. 400 fois).

l'ovule nu et le boyau pollinique pénètre dans le sac embryonaire par l'extrémité ramollie du nucelle (*Kernwarze*). Avant que le tube pollinique soit parvenu jusqu'à lui, ce sac embryonaire s'est rempli d'un tissu cellulaire épais dont certaines cellules, situées à la partie supérieure, se sont considérablement distendues; elles sont, chez les Pins, entourées d'une couche de petites cellules épithéliales (Fig. 185), tandis qu'ailleurs cette enveloppe celluleuse leur manque comme chez l'If et les Cupressinées. R. Brown, qui a découvert ces grandes cellules de l'albumen des arbres à feuilles aciculaires, les a décrites sous le nom de *corpuscules; leur formation est indépendante de la fécondation* et leur nombre varie suivant les espèces et même sur un seul individu. Il se forme, au sommet de chaque corpuscule, avant la fécondation, quatre petites cellules-filles que l'on peut considérer comme les corpuscules embryonaires des Conifères et qui sont connues sous le nom de cellules de fermeture (*S ' 'usszellen*). Leur ensemble constitue la rosette operculaire (*Deckelrosette*).

Fig. 185.



Le tube pollinique qui s'est prolongé jusqu'au sac embryonaire

Fig. 185. La fécondation du Pin : *A*. une jeune écaille séminale détachée d'un cône immédiatement après sa naissance et sur laquelle les deux ovules (*gm*) sont déjà insérés (gross. 10 fois). — *B*. Coupe longitudinale d'un ovule qui vient d'être fécondé ; quelques grains de pollen se trouvent à l'extrémité de son nucelle (*nc*) ; *is*. le tegument simple du nucelle ; *se*. le sac embryonaire dans lequel la formation des cellules a déjà commencé (gross. 35 fois). L'ovule reste à peu près dans le même état jusqu'au printemps suivant, époque pendant laquelle les corpuscules apparaissent dans le tissu cellulaire du sac embryonnaire. — *C*. Coupe longitudinale à travers le nucelle au second printemps et après en avoir séparé le tégument ; *nc*. le nucelle ; *tp*. les tubes polliniques qui s'avancent dans le tissu du nucelle jusqu'aux corpuscules (*cp*), où ils pénètrent ; *alb*. l'albumen ou le tissu cellulaire du sac embryonaire ; *x*. partie de cet albumen qui se ramollit et dans laquelle pénétreront plus tard les tubes embryonaires (*Embryonalschläuche*). — *D*. La partie supérieure de l'albumen (*alb*) d'un ovule fécondé depuis quelques semaines : *cp*. corpuscules ; *a*. cellules de la rosette qui restent dans le corpuscule tandis que les tubes embryonaires (*b*) transportent l'embryon rudimentaire (*em*) dans l'albumen (*C*. et *D*. gross. 100 fois).

pénètre ensuite dans un des corpuscules et aussitôt après il s'y suspend une cellule sphérique à contenu granuleux : l'origine de cette cellule n'est pas connue d'une manière certaine, mais je présume qu'elle résulte du contenu des cellules de la rosette qui disparaissent (chez les Cupressinées et l'If), ou bien s'affaissent et perdent leur contenu (chez les Abiétinées) au moment même où le tube pollinique atteint le corpuscule. Cette cellule présente parfois, lorsqu'elle se trouve encore à la partie supérieure du corpuscule, une membrane solide et elle forme alors latéralement des cellules-filles ; le plus souvent, au contraire, elle s'allonge du côté de l'extrémité inférieure du corpuscule d'une manière qui n'est pas encore connue ; elle forme successivement plusieurs couches de cellules, parmi lesquelles il en est une qui devient tubuleuse et constitue les longs tubes embryonaires des Conifères qui correspondent aux suspenseurs allongés de certaines phanérogames et qui portent, comme ces derniers, le jeune embryon jusqu'au milieu de l'albumen où il continue son évolution (Fig. 186). Chez le Sapin, l'Epicea et le Pin, les tubes embryonaires consistent en quatre cellules qui ensemble ne portent qu'un seul embryon, tandis que chez les *Pinus Pumilio* et *P. Strobus* les quatre tubes sont distincts et chacun donne naissance à un embryon particulier ; cependant un seul d'entre eux arrive, en général, à un développement parfait. La formation des cellules dans l'intérieur du corpuscule de l'If est moins régulière ; il s'y présente quatre et même cinq ou six tubes embryonaires qui se réunissent et descendent ensemble. Il arrive souvent que plusieurs corpuscules sont fécondés, mais il est rare que plusieurs embryons parviennent à l'état parfait. Dans le Thuja et dans l'Araucaria, on trouve quelquefois deux embryons bien développés. Lorsque la graine est mûre, l'embryon des Conifères se trouve, en général, au milieu de l'albumen ; les corpuscules se sont

Fig. 186.

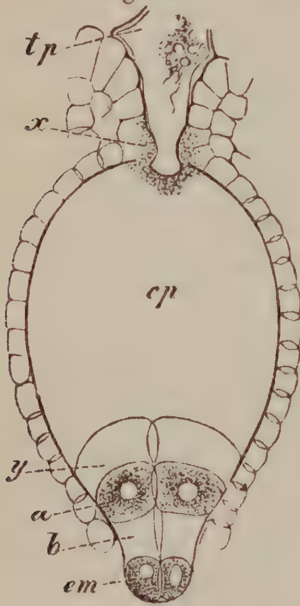
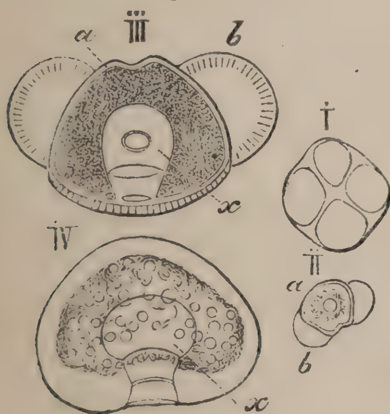


Fig. 186. Un corpuscule récemment fécondé du *Pinus sylvestris* et coupé longitudinalement : *cp.* le corpuscule ; *tp.* le tube pollinique allongé jusque dans le corpuscule entre les cellules de l'opercule en rosette (*x*) devenues ici presque méconnaissables ; *y.* couche cellulaire supérieure de l'ébauche de l'embryon ; *a.* la seconde couche qui forme ce que l'on a nommé la rosette inférieure ; *b.* la 3[e] couche d'où proviennent les tubes embryonaires ; *em.* la quatrième couche qui forme l'embryon (gross. 100 fois).

affaissés et les cordons embryonaires, qui ont péri avec eux, sont devenus méconnaissables ; il n'y a que chez le Mélèze (Pl. II. Fig, 30x) et chez les Cycadées qu'ils se laissent encore dérouler quand la graine est mûre et qu'ils se présentent avec la forme de longs filaments entrelacés (Voir l'explication de la Fig. 185).

Les arbres à feuilles aciculaires se distinguent encore de toutes les autres phanérogames par la formation du tube pollinique, qui ne provient pas directement de la membrane interne du grain de pollen mais plutôt d'une cellule-fille existant dans l'intérieur du grain. En outre, les Conifères pourvus d'étamines biloculaires, tels que le Sapin, l'Epicea, le Pin, le Mélèze et le Podocarpus, diffèrent encore de ceux dont le pollen est renfermé dans des sacs polliniques, comme les Taxus, Thuja, Cupressus et Juniperus, par l'origine du tube pollinique : chez les premiers chaque grain de pollen forme deux cellules-filles de grandeur inégale; la plus petite se subdivise plusieurs fois, de sorte qu'il en résulte un corps pluricellulaire dont la cellule terminale se développe en tube pollinique (Fig. 187). Chez les seconds, au contraire, c'est la plus petite cellule-fille qui reste inactive, tandis que la plus grande émet le tube pollinique (Fig. 183). En résumé les Conifères et les Cycadées se distinguent essentiellement de toutes les autres phanérogames : 1° par un tube pollinique qui ne provient pas directement du grain de pollen, mais d'une de ses cellules-filles, et 2° par une fécondation qui n'a pas lieu directement dans le sac embryonaire même, mais qui s'opère sur l'une de ses cellules-filles, dans le corpuscule.

Fig. 187.



J'ai dépeint l'acte de la fécondation, tel que je l'ai observé dans mes recherches les plus récentes chez le Gladiolus, le Crocus, le Watsonia, le Maïs, le Phormium, la Campanule : ces observations m'ont prouvé que la théorie de Schleiden, d'après laquelle le tube pollinique pénétrerait dans l'intérieur du sac embryonaire et formerait lui-même l'ébauche de l'embryon, est erronée, et je l'ai abandonné avec une conviction d'autant

Fig. 187. Poussière pollinique du *Picea vulgaris : I.* La cellule-mère avec les quatre cellules-mères spéciales dont les jeunes grains de pollen ont été expulsés par l'action de l'eau. *II.* Un grain de pollen semblable, déjà pourvu d'une partie centrale (a) et de deux appendices latéraux (b). *III.* Grain de pollen mûr; x corps cellulaire dont la cellule terminale libre émettra plus tard le boyau pollinique. *IV.* L'endhyménine séparée de l'exhyménine par l'action de l'acide nitrique (*I.* et *II.* gross. 200 fois; *III.* et *IV.* 300 fois).

plus solide que je l'avais naguère défendue avec chaleur. Cependant je ne puis partager non plus l'opinion de Amici, H. Mohl, Hofmeister et Radlkofer; je ne puis, dans ma manière de voir, considérer le corpuscule embryonaire non fécondé comme une cellule parfaite dans le sens que l'on attache ordinairement à ce mot. En effet, une partie de ce corpuscule, le globule protoplasmatique, ne devient une véritable cellule qu'à la suite de l'intervention du tube pollinique : il en résulte qu'il n'est pas exact de dire que l'ébauche de l'embryon préexiste dans le sac embryonaire avant la fécondation ; cet embryon est, au contraire, un produit immédiat et direct de la fécondation, acte qui a pour effet de lui donner une membrane solide et un nouveau noyau. Cette théorie n'est pas seulement la mienne, mais Henfrey à Londres et Schenk à Wurzbourg ont été conduits à la même opinion par leurs propres observations; et tout ce que nous avons observé relativement à l'appareil filamentaire a été également confirmé.

Le tube pollinique se ramifie quelquefois chez certaines plantes, notamment chez le Hêtre, où ce phénomène est normal, de sorte qu'un seul g ain de pollen peut féconder plusieurs ovules (Fig. 68). D'un autre côté il est aussi démontré que souvent plusieurs tubes polliniques pénètrent dans le micropyle d'un seul ovule. Les *Citrus* présentent cette singulière particularité qu'il se forme dans presque toute la périphérie du sac embryonaire d'innombrables vésicules qui sont fécondées par le même tube pollinique, non pas directement mais à l'aide de petits corpuscules ovales et sans mouvements propres : toutefois il n'y a guère que trois ou quatre de ces embryons qui arrivent à maturité. Une espèce de Manguier (*Mangifera*) forme également toujours plusieurs embryons.

Si nous comparons la fécondation des phanérogames avec la génération des Cryptogames, nous reconnaissons de surprenantes analogies : en effet, Pringsheim a démontré que le globule protoplasmatique des Cryptogames n'est pas non plus une cellule parfaite et qu'il ne le devient que par la fécondation en acquérant une membrane solide à la suite de cet acte. Tandis que chez les phanérogames la fécondation s'accomplit par la fovilla contenue dans le tube pollinique, elle s'effectue chez les Cryptogames au moyen de corpuscules mobiles ou phytozoaires qui correspondent aux spermatozoaires des animaux. Les phytozoaires pénètrent dans les globules protoplasmatiques des Cryptogames et s'avancent dans son contenu; la fovilla du boyau pollinique descend par l'appareil filamentaire dans le globule protoplas-

matique ; les spermatozoaires enfin des animaux doivent également atteindre les ovules. L'identité est donc complète; l'acte de la reproduction, qui est l'un des phénomènes vitaux les plus importants et dont dépend la conservation des espèces, semble donc reposer sur les mêmes principes fondamentaux, non-seulement dans les deux embranchements du règne végétal mais encore dans le règne animal. La fécondation est la condition indispensable à la formation d'un embryon; aussi la théorie de la parthénogénèse, une sorte de reproduction virginale, qui a fait quelque bruit dans ces derniers temps, est-elle complétement fausse et repose sur une hypothèse qui n'a aucun fondement. Une seule plante laisse encore quelques doutes, c'est le *Cœlobogyne ilicifolia*, mais elle n'a pas encore été suffisamment étudiée (1). Quant aux autres espèces auxquelles on attribuait également la faculté de produire des embryons sans fécondation, telles que la Mercuriale, l'Épinard ou le Chanvre, Regel de Saint-Pétersbourg et Schenk de Wurzbourg se sont chargés de prouver, d'une manière incontestable, que jamais elles ne produisent de graines fertiles sans la participation de la poussière pollinique.

Après la fécondation, l'ovaire devient le fruit dans lequel mûrissent les graines : c'est tout-à-fait exceptionnellement que l'ovaire d'une fleur continue à se développer sans avoir reçu l'impulsion que donne la fécondation, et, dans ce cas, il ne renferme jamais de graine embryonée. On connaît des Raisins, par exemple les Corinthes, et des Oranges sans pepins; les fruits de *Carica papaya* et les cônes de Sapin peuvent aussi se développer sans avoir été fécondés, mais en pareil cas ils sont tout-à-fait impropres à la reproduction.

L'ovaire, pendant qu'il se transforme en fruit, subit maints changegements importants : les organes accessoires de la fleur, comme le calice et la corolle, s'ils ne sont pas annexés par le fruit, dépérissent en même temps que les étamines, le style et les stigmates. Lorsqu'il existe plusieurs carpelles libres, par exemple chez les Fraisiers, il se forme aussi plusieurs fruits; de là vient que l'on doit distinguer les fruits simples et les fruits composés et l'on peut reconnaître pour les fruits, comme on l'a fait pour les inflorescences, des arrangements fort variables de carpelles, notamment des épis, des grappes, des capitules et des ombelles de fruits.

Les Conifères et les Cycadées étant dépourvus d'ovaire, ne sauraient,

---

(1) Voy. les travaux de Karsten et d'Alex. Braun, qui sont arrivés à des résultats contradictoires.

par conséquent, porter des fruits, mais se bornent à produire des graines : leur inflorescence femelle se transforme donc en une sorte de placentation de graines, organes qui, chez toutes les phanérogames, consistent en un ovule renfermant un embryon.

On peut classer les fruits simples en trois groupes : l'un renferme les fruits capsulaires, caractérisés par leur déhiscence à la maturité et par la dissémination de leurs graines ; l'autre est formé des fruits schizocarpes, qui se divisent en fragments renfermant chacun une graine ; et dans le troisième viennent se ranger les baies, les drupes, les achènes et tous les fruits indéhiscents proprement dits.

La capsule présente plusieurs modes de déhiscence; elle s'ouvre soit par un pore, comme celle du Réséda, soit par un véritable opercule, résultant d'une circonscission, comme celle du Mouron, tantôt par des valves fort rapprochées, comme chez le Marronnier, la Violette et la Stramoine, tantôt par des fentes longitudinales, par exemple, chez les Orchidées et d'autres.

Le schizocarpe (*schizocarpium*) varie suivant le mode de fragmentation du fruit. On a coutume d'appeler coques ou méricarpes les pièces d'un fruit qui résultent d'une division longitudinale, comme chez les Mauves, les Borraginées, les Rubiacées, les Ombellifères, les Tropaolées, les Acerinées, etc. ; d'un autre côté on considère comme des articles (*articuli*), les pièces d'un fruit qui proviennent d'une fragmentation transversale, comme chez l'Hippocrepis et le Raifort, etc.

Chez les baies (*bacca*) proprement dites, tout le tissu de l'ovaire qui enveloppe les graines est succulent ou charnu, par exemple les baies de la Groseille verte, de la Belladone, du Sureau, des Concombres, du Pommier, etc.

La drupe (*drupa*) se reconnaît en ce que la partie intérieure du péricarpe (l'endocarpe), qui chez la baie reste succulente, se lignifie, tandis que le mésocarpe seul reste charnu : telles sont la Prune, la Cerise, la Pêche, auxquelles on peut ajouter la Noix.

Les achènes (*achenia*) ont un péricarpe scarieux, le plus souvent lignifié ; elles sont mono ou pluriloculaires. A cette classe appartiennent les fruits des Graminées, des Composées, de beaucoup de Renonculacées et des Cupulifères, telles que le Chêne (Pl. III. Fig. 9), le Hêtre (Pl. III. Fig. 25), le Châtaignier, ainsi que le Charme et le Noisettier (Pl. IV. Fig. 6 et Pl. IV. Fig. 18).

La Framboise et la Fraise sont des fruits composés ; la première consiste en petites baies succulentes portées sur un axe lignifié ; la se-

conde est formée d'achènes endurcies insérées sur un réceptacle charnu, d'origine axillaire et qui porte les feuilles carpellaires constituant les véritables fruits. La cupule du Chêne provient d'un disque qui recouvre, comme d'un godet, la partie inférieure du gland; l'enveloppe déhiscente et quadrivalve du Hêtre, qui entoure les faines a la même origine, seulement cette cupule est plus complète et hérissée à la surface. Nous avons vu que l'enveloppe foliacée de la Noisette est d'une nature toute différente et qu'elle représente les deux stipules du bouton floral. La pomme et la poire ne sont autre chose que des axes fructifères devenus charnus et qui renferment plusieurs carpelles. Le fruit de l'Érable se divise en deux méricarpes aîlés et monospermes; celui du Bouleau est monosperme et aîlé des deux côtés (Pl. III. Fig. 43).

La graine (*semen*) est, comme nous l'avons déjà répété, un ovule fécondé : elle se compose de deux parties principales, le spermoderme et l'amande.

De même que le péricarpe provient de la modification des tissus de l'ovaire, de même le teste de la graine se forme au moyen des enveloppes ou du nucelle de l'ovule, mais il faut suivre fort attentivement la genèse de cet organe pour discerner clairement ce qui appartient à l'une ou à l'autre de ces deux parties : lorsque la graine est mûre il est trop tard pour rechercher la véritable origine du spermoderme. En effet, pendant la transformation de l'ovule en graine, ses organes peuvent subir de profondes modifications : l'un de ses téguments peut être complétement résorbé, par exemple, l'enveloppe intérieure chez les Orchidées, ou bien il peut prendre un développement anormal : les graines des Passiflores, du Grenadier, des Cactées et du Groseiller épineux peuvent servir d'exemple sous ce rapport : leur enveloppe externe forme un revêtement succulent sur le tégument ligneux intérieur, de telle sorte que ces graines ont la plus remarquable ressemblance avec un fruit drupacé; il en est à peu près de même pour les graines de quelques végétaux gymnospermes, tels que le Salisburia, les Cycas et les Zamia.

Le spermoderme est, en général, au moment de la maturité, complétement desséché; il est, suivant les espèces, membraneux, coriace ou ligneux : membraneux dans la noix, la noisette, le gland et la cerise où il recouvre l'embryon sous la forme d'une membrane mince; coriace dans la graine de Sapin où il est, en outre, pourvu de réservoirs oléagineux ; ligneux, enfin, sur les graines de Mélèze, de Pin et

d'Epicea qui manquent de réservoirs de suc propre. Souvent les cellules du spermoderme, surtout chez les Conifères, sont élégamment épaissies. Les graines des Abiétinées (Sapin, Epicea, Pin et Mélèze) sont aîlées; la graine du Sapin est la plus grande; celles de l'Epicea et du Pin se ressemblent beaucoup et l'on ne peut guère les distinguer que parce que la première se termine en une pointe aiguë et raide. (Fig. 188). (Pl. I. Fig. 9 et 29, et Pl. II. Fig. 9 et 28).

L'amande d'une graine se compose d'un albumen simple ou double et d'un embryon, ou bien, lorsque l'albumen fait défaut, d'un embryon seulement. On retrouve quelquefois dans des graines qui passent pour exalbuminées, un reste, peu considérable il est vrai, de l'albumen interne, par exemple dans la Noix. Le véritable albumen (l'endosperme) est le plus intérieur des deux; il consiste en un tissu nutritif qui se développe dans le sac embryonaire : nous l'avons étudié dans les Conifères, le Sarrazin, les Graminées et d'autres. Le second albumen (le périsperme) provient, au contraire, d'un reste du nucelle dont le tissu élabore dans certains cas des substances nutritives; ce périsperme remplace l'endosperme manquant chez les Balisiers et les Strelizia; ils existent tous deux ensemble chez les Nymphéacées, par exemple le Nénuphar et le Victoria regia, plantes qui, par conséquent, possèdent un double albumen. Le périsperme se forme rarement, tandis que l'endosperme, c'est-à-dire le tissu nourricier du sac embryonaire, est, à peu d'exceptions près (les Tropœolées et les Canna), commun à tous les végétaux; il sert à nourrir l'embryon en voie de formation et il est consommé par lui en totalité ou en partie; de là vient la distinction que l'on a établie entre les graines exalbuminées et les graines albuminées : chez ces dernières, l'albumen fournit à la jeune plantule sa première nourriture pendant la germination. Les graines du Chêne, du Hêtre, du Châtaignier, du Marronnier, du Bouleau, de l'Aune, de l'Erable, etc., sont dépourvues d'albumen lorsqu'elles arrivent à maturité. Les principes nutritifs déposés dans les cellules de l'albumen au profit de l'embryon diffèrent suivant les plantes : ils consistent souvent en fécule ou en substances hydrocarbonées analogues; dans d'autres cas, c'est de l'aleurone ou des matières oléagineuses : de l'huile et un hydrocarbure sont fréquemment réunis. Nous nous sommes déjà occupé de l'albumen et de l'embryon dans le deuxième chapitre de cet ouvrage.

Fig. 188.



Fig. 188. *a*. Graine du Pin; *b*. graine de l'Epicea (toutes deux grossies 3 fois).

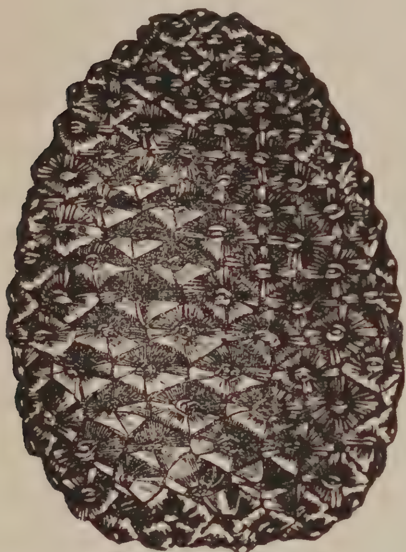
Les Conifères et les Cycadées sont les seuls végétaux chez lesquels les graines soient librement disposées (*ein Samenstand*) au dehors, parce que seuls ils ont les ovules nus au lieu d'être renfermés dans un ovaire; l'ensemble de leurs graines constitue ce que l'on a nommé un cône ou strobile (*strobilus*). Chez le Sapin et le Mélèze, le cône consiste en bractées foliacées qui correspondent à des feuilles et en écailles séminales lignifiées qui représentent des bourgeons. Chaque écaille séminale porte à sa base deux graines munies d'une longue aîle membraneuse (Pl. I. Fig. 7 et 29, et Pl. II. Fig. 8 et 27). Chez le Pin et l'Epicea, les bractées avortent et les écailles séminales se lignifient; elles portent à leur base, comme celles du Sapin et du Mélèze deux graines aîlées. L'aîle de la graine provient des couches internes de l'écaille séminale et l'on observe de fort bonne heure un tissu mince qui limite la partie de l'écaille destinée à devenir l'aîle de la graine. Lorsque le strobile mûrit, ses tissus se dessèchent et la graine aîlée se détache de son écaille de la même manière qu'une capsule s'ouvre à la maturité suivant un mode déterminé à la suite du dessèchement de certaines cellules. Le vent emporte alors ces graines légères qui voltigent dans les airs, et elles germent quand elles tombent dans un endroit propice : la Nature veille de la sorte à la dissémination du Sapin, de l'Epicea et d'autres Conifères. Le cône de Sapin perd, en automne, ses bractées, en même temps que ses écailles séminales, de telle sorte que le rachis dénudé reste sur le rameau; l'Araucaria laisse tomber ses écailles à la maturité, tandis que chez la plupart des autres Conifères, les écailles séminales s'écartent les unes des autres comme pour laisser aux graines la faculté de s'échapper (Fig. 189).

Les graines de Genévrier constituent par leur ensemble un organe qui devient bacciforme, parce que ses trois bractées qui sont soudées, deviennent succulentes en s'accroissant. La graine unique de l'If est également bacciforme parce que son arille est charnue; le pseudocarpe du Podocarpus se revêt d'une coloration rouge au moyen du pédoncule hypertrophié qui porte les ovules nus (Fig. 173).

Souvent on ne retrouve qu'une seule graine dans un fruit provenant d'un ovaire qui contenait plusieurs ovules : ce fait peut résulter 1° de ce que tous les ovules n'ont pas été fécondés; ou bien, 2° de ce que tous les ovules fécondés n'arrivent pas toujours à maturité. L'ovaire du Cerisier et de l'Amandier renferment toujours deux ovules, bien qu'il soit rare et exceptionnel de trouver deux

graines dans un noyau de cerise ou dans une amande; l'ovaire du Chêne produit six, quelquefois quatre ovules; tandis que le gland ne conserve, en général, qu'une seule graine; il en est de même pour le Hêtre et le Châtaignier dont chaque ovaire récèle pour le moins six ovules; il est très-rare qu'il se développe deux graines dans une noix. On peut encore citer le Charme, le Noisettier, le Bouleau, l'Aune, l'Érable, le Frêne et le Tilleul, chez lesquels une seule graine arrive à maturité bien que leurs fleurs renfermassent toujours deux ovules chez les quatre premiers et plus encore chez les autres. Il semble que chez toutes ces plantes une seule graine accapare toute la nourriture que la circulation amène vers l'ovaire et qu'elle affame les autres ovules pour empêcher leur développement. On observe un phénomène analogue dans le sac embryonaire des Conifères; en effet, chez ces arbres plusieurs embryons sont ébauchés dans l'ovule, mais un seulement se développe, en général, d'une manière complète; chez les Citronniers, il y a toujours dans le sac embryonaire de 50 à 100 vésicules qui sont fécondées et il est cependant bien rare de trouver à la maturité de la graine plus de deux ou trois embryons. La nature n'a rien négligé pour atteindre son but; elle multiplie le nombre des ovules pour être d'autant plus assurée que l'un au moins sera fécondé et transformé en graine; elle répand dans l'air une profusion de poussière fécondante afin que sur mille grains de pollen il y en ait au moins un qui atteigne un ovule.

Fig. 189.

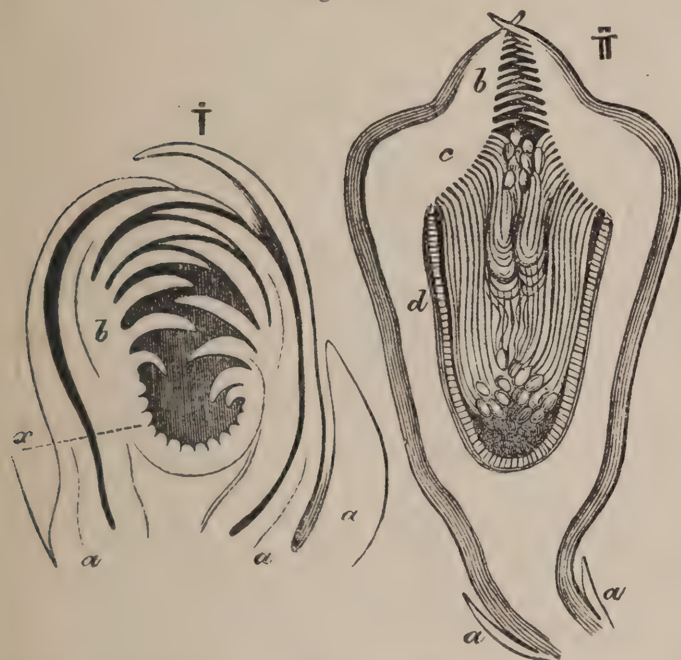


Cette multiplicité de moyens mis en action par la nature était d'autant plus nécessaire que les amours des fleurs ne s'accomplissent pas toujours sans rencontrer d'obstacles. Les fleurs d'Orchidées et d'Asclépiadées resteraient stériles si elles étaient abandonnées à elles-mêmes; les insectes viennent à leur secours et, savourant le nectar de leurs fleurs, ils transportent de petites masses polliniques sur le stigmate ou sur la terminaison du tissu conducteur du style. Le Figuier a ses fleurs unisexuées nichées dans l'intérieur d'une inflorescence en Sycône (Fig. 190), où elles seraient incapables de s'aimer si un petit hyménop-

Fig. 189. Un strobile de Pin pignon (*Pinus pinea*).

tère ne se chargeait de porter du pollen aux fleurs femelles : cela est si vrai que les Figuiers de Madère et de Ténériffe ne produisent jamais de bonnes graines, parce que cet insecte manque dans ces deux îles. Lorsque les sexes sont renfermés dans des fleurs différentes portées par des pieds mâles ou femelles, comme chez l'If, le Peuplier et le Saule, la poussière fécondante doit être transportée par le vent, souvent à des distances considérables, pour atteindre les fleurs femelles. L'action du vent n'est d'ailleurs pas toujours aussi favorable; lorsqu'il est violent et trop sec il nuit à beaucoup de fleurs hermaphrodites en emportant la poussière pollinique avant qu'elle ait pu féconder son propre ovaire et la frappe de stérilité ; et en outre, il dessèche le stigmate dont l'humidité devait faire gonfler et nourrir le tube pollinique pendant qu'il s'introduit dans l'appareil femelle. Cette influence pernicieuse d'un vent sec et continu se manifeste notamment sur les Graminées, dont les stigmates délicats sont flétris avant d'avoir pu recevoir l'action fécondante du pollen. Une certaine agitation de l'atmosphère, accompagnée de quelques pluies chaudes et bienfaisantes, sont, au contraire, les conditions les plus favorables dans lesquelles la floraison puisse se faire; aussi par un temps pareil la plupart des fruits se nouent comme on dit; des pluies battantes et continues sont à craindre; elles projettent le pollen hors des anthères, elles balaient les stigmates et sont, par conséquent, fort préjudiciables à la diffusion du pollen et à la formation des graines.

Fig. 190.



En général, l'ovaire qui n'a pas été fécondé meurt et tombe, tandis

Fig. 190. Inflorescence du Figuier (*Ficus carica*). *I.* Coupe longitudinale d'une figue encore très-jeune : *a. a. a.* écailles du bouton à l'abri desquelles une figue se forme dans l'aisselle d'une feuille; *b.* feuilles florales qui restent stériles et qui plus tard ferment l'orifice de la figue; *x.* l'ébauche des bractées à l'aisselle desquelles se formeront les fleurs (gross. 25 fois). *II.* Coupe longitudinale d'une figue de *Ficus stipulata* à moitié mûre : *c.* la région où se trouvent les fleurs mâles; les fleurs femelles (*d*) se trouvent dans tout le pourtour de la cavité.

qu'il ne tarde pas à grossir si ces ovules ont éprouvé le contact d'un tube pollinique : la fleur de Cerisier se détache du rameau avec son pédoncule si la fécondation n'a pu se faire, au lieu de grossir et de se transformer en cerise. La fleur des Orchidées conserve sa fraîcheur pendant des semaines entières lorsque les fonctions de reproduction ne s'exercent pas, mais une fois fécondée, ses sépales et ses pétales se flétrissent en quelques jours, pendant que son ovaire grandit rapidement en consommant au profit de ses ovules une grande quantité de nourriture : celle-ci est soustraite aux autres organes floraux, ce qui amène leur dépérissement et leur mort.

La floraison et la fructification supposent, chez la plante, une certaine vigueur ; maints arbres ne fleurissent qu'à un âge avancé, comme le Sapin et le Hêtre ; les Orchidées, issues de graines, exigent plusieurs années pour acquérir la taille et la force nécessaire à la formation des fleurs (1). Le Lierre ne fleurit que sous des conditions très-propices ; on sait qu'il change alors de forme et que tout son aspect se modifie ; les modifications analogues doivent sans doute s'opérer dans son économie intérieure. Si l'on bouture un rameau de Lierre qui a fleuri, il portera lui-même des fleurs au bout de fort peu de temps, tandis que la bouture d'une plante qui n'a pas fleuri, bien que placée dans les mêmes conditions, ne porte sa fleur qu'après un assez grand nombre d'années et pour autant que les circonstances soient favorables. La floraison et la fructification exigent une certaine vigueur chez la plante, précisément parce que ces deux fonctions provoquent une grande dépense de force, c'est-à-dire beaucoup de nourriture ; les plantes annuelles périssent lorsqu'elles ont mûri leurs fruits. Cette influence néfaste de la floraison et l'affaiblissement qu'elle détermine chez la plante ne sont nulle part plus intéressantes à observer que chez l'*Agave americana* : on voit les feuilles succulentes de cette plante se ramollir et se flétrir à mesure que la hampe colossale s'élève ; toute la plante meurt avec les fleurs ; elle ne fleurit qu'une seule fois et ce phénomène n'a lieu chez nous que dans un âge fort avancé ; dans les contrées méridionales il est beaucoup plus précoce ; aux environs de Séville, par exemple, l'Agave d'Amérique fleurit au bout de la 6e à la 10e année. Lorsque le Chêne porte des fruits, il ne fait pas, en général, de seconde pousse ; lorsque la récolte

(1) M. Benda a rencontré en 1854 dans le district d'*Altenplathow* un Chêne d'un an qui portait déjà quatre glands : c'est un fait probablement unique.

est abondante, les arbres fruitiers poussent peu de bois cette année là ; de même, une récolte moins bonne succède généralement à une année de grande fertilité. Le Hêtre et le Chêne ne fleurissent pas chaque année, de même que le Pin ne porte pas des cônes annuellement. Le sol et les autres conditions qui agissent sur la station exercent d'ailleurs une certaine influence sous ce rapport ; le Chêne et le Hêtre notamment fleurissent plus souvent lorsque le terrain est bon. Le Sapin, dont toutes les fleurs sont accumulées au sommet le plus élevé, porte des cônes à peu près chaque année, en nombre restreint il est vrai. L'Epicea en est couvert de la base au sommet pendant les bonnes années. Une personne digne de foi m'a raconté un fait qui mérite d'être rapporté : depuis quelques années tous les Pruniers de son pays étaient assaillis de chenilles qui les dépouillaient de toutes leurs feuilles ; il nettoya ses arbres et obtint de cette manière des feuilles et un certain nombre de fleurs ; il se croyait récompensé de ses peines : mais, au printemps suivant, il vit les arbres de ses voisins, qui, l'été précédent, avaient toutes les apparences du bois mort, se couvrir de fleurs, et à l'automne leurs branches et leurs rameaux pouvaient à peine supporter les fruits dont ils étaient chargés ; au contraire, ses arbres, auxquels il était parvenu à grande peine à faire porter une médiocre récolte, en avaient produit une plus chétive encore pendant ce second automne. Ce fait s'explique par cette raison que les arbres dépouillés de leurs feuilles par les chenilles n'ayant pas porté fruits, avaient pu amasser, ne fut-ce que par l'activité de leurs racines, une nourriture surabondante qui n'avait pas eu d'emploi et qui a pu être utilisée l'année suivante et favoriser une récolte extraordinaire. La même chose se produit pour la Vigne : dans le midi de la France la récolte du raisin, après avoir été anéantie plusieurs années de suite par l'oïdium, a été ensuite extraordinairement belle et supérieure à celle donnée par les vignobles dont on avait entretenu la production au moyen de la fleur de soufre. Les fleurs de la plupart de nos arbres se forment dès l'automne qui précède leur épanouissement ; aussi la température de cette saison est-elle, au point de vue de la floraison, de la plus haute importance. On peut pour le Hêtre, par exemple, préjuger, dès l'automne, l'importance de la floraison suivante à la simple inspection de la grosseur des boutons (Pl. III. Fig. 34).

Les fruits ont pour nous une grande importance à cause des principes nutritifs qu'ils contiennent soit dans leur péricarpe (les baies et les drupes), soit dans leur périsperme, leur albumen ou leurs cotylédons,

et qui consistent en fécule, aleurone, sucre, etc. Mais ils sont d'une valeur beaucoup plus élevée encore pour la plante elle-même en ce qu'ils représentent en quelque sorte le but vers lequel tend la végétation. Provenant elle-même de l'embryon d'une graine, la plante produit de nouvelles graines renfermant d'autres germes. Le fruit meurt quand il a mûri les graines dont il avait la garde; l'embryon se dépouille alors de son périsperme et recommence une nouvelle vie en utilisant d'abord les principes que le fruit lui avait préparés. Ainsi cheminent la vie et la mort en se tenant par la main, pendant que sur le sentier qu'elles parcourent, la matière se renouvelle incessamment suivant les lois immuables de la création.



Fichte.

Épicéa.

IX.

L'arbre et sa vie.

Chaque végétal est animé d'une vie propre, individuelle, qui, depuis la première apparition de l'embryon jusqu'à la mort de l'arbre, se développe avec ses caractères particuliers et reste immuable dans son essence.

La différence de l'activité animale et de la vie végétale étroitement liées à la structure intime des animaux et des plantes, est une conséquence directe de leur diversité d'origine. La constitution d'un végétal étant beaucoup plus simple que celle de l'animal, et ses cellules étant soumises à moins de modifications, il en résulte que la physiologie végétale doit jeter le plus grand jour sur les phénomènes vitaux des cellules. On sait, d'un autre côté, qu'il existe plusieurs espèces de cellules, ayant chacune une activité différente et que la vie des végétaux se manifeste et se développe par la coordination des divers tissus formés par ces cellules, qui agissent les uns sur les autres comme les différentes pièces du mécanisme le plus ingénieux.

Tout organe d'une plante vit et croît suivant certaines lois déterminées qui ont leur raison d'être dans la disposition et la valeur de certaines cellules; il n'est, en effet, pas une seule cellule dans un arbre qui ne vive d'une vie innée et intérieure en même temps que son activité se manifeste à l'extérieur. De même que les rouages d'une machine s'engrènent et produisent une certaine force par la coordination de leurs mouvements, de même les cellules agissent l'une sur l'autre; et le jeu régulier de ces différentes cellules développe une activité particulière, qui se révèle par les phénomènes apparents dont chaque plante nous présente le spectacle.

La plante consomme pour son existence des substances qu'elle ne

saurait produire elle-même; la matière existe et la vie est incapable de produire un atome ; la force vitale des végétaux modifie la composition des matériaux qu'elle extrait du monde ambiant, elle les réduit dans leurs éléments, et sous sa direction, pour ainsi parler, elle en obtient de nouvelles combinaisons. Les plantes ont, en un mot, besoin d'aliments, comme les animaux, et elles les puisent dans l'air et hors du sol.

L'arbre envoie dans la terre de puissantes racines dont les parties les plus jeunes ne sont recouvertes que par un épiderme fort mince et qui émettent, en général, un chevelu d'une extrême délicatesse; il puise dans le sol, au travers de cet épiderme et au moyen de ce chevelu, les substances qui se trouvent dissoutes dans l'eau quelle que soit leur nature, minérale ou organique. Les diverses matières inorganiques que l'on trouve chez les plantes, soit sous la forme de cristaux dans les tissus vivants, soit à l'état de cendres après la calcination, ont été extraites du sol par les racines ; les plus importantes d'entre-elles sont la potasse et la soude, la chaux et la magnésie, ainsi que la silice; le fer se trouve également partout, et quelquefois le manganèse : on a encore constaté chez les végétaux la présence d'autres sels métalliques mais en proportion plus restreinte et plus ou moins accidentelle. Ils assimilent du soufre et du phosphore et retirent ces deux éléments des sulfates et des phosphates solubles que leurs racines extrayent du sol ; la quantité d'azote fixée est considérable et fournie pour la plus grande partie par les racines. Liebig, supposant que les plantes retirent tout leur carbone et tout leur azote de l'air atmosphérique, fut conduit, par cette hypothèse erronée, à condamner comme superflu l'emploi des engrais organiques. Il est hors de doute que le sol qui renferme beaucoup de matières organiques, comme par exemple le terreau de bois et l'humus, peuvent se passer d'un engrais d'origine animale, mais il n'a, en pareil cas, pas non plus besoin d'être amendé par des matériaux inorganiques, comme Liebig le recommandait. La forêt n'est jamais engraissée et cependant tous les arbres qui la constituent, tous les taillis qui la composent, livrés à leur aménagement naturel, trouvent dans le sol ce dont ils ont besoin; elle forme elle-même la terre sur laquelle elle s'étend ; ses feuilles tombées se décomposent, leurs éléments organiques se répandent en partie dans l'atmosphère sous forme gazeuze ou bien retournent dans le sol à l'état d'humus, mélangés aux matières minérales ; il est possible que des substances plusieurs fois rejetées avec les feuilles sont

plusieurs fois absorbées par les racines du même arbre. La terre arable forme de l'ammoniaque et produit de l'acide nitrique. Les agriculteurs connaissent les propriétés fertilisantes du nitrate de soude (salpêtre du Chili, salpêtre d'Iquique, nitrate caliche) et surtout du guano, qui n'est autre chose que des excréments d'oiseaux à l'état fossile et qui contribue, en outre, comme la plupart des engrais animaux, à amender le sol. L'efficacité des engrais animaux, qui tous ont pour effet d'élever dans une notable proportion la valeur de la récolte, réside dans leur richesse en azote assimilable et en substances minérales. L'acide nitrique du salpêtre caliche est de l'azote uni à de l'oxygène ; dans le guano, l'ammoniaque est en partie combinée avec de l'acide nitrique qui est pareillement azoté, et elle fournit de l'azote en même temps que de l'hydrogène : il se compose en outre de phosphate de chaux. L'action fertilisante du salpêtre du Chili réside surtout dans l'azote qu'il contient ; le guano lui est supérieur parce que outre l'azote il fournit encore de l'acide phosphorique.

Il est digne de remarque que la putréfaction est un travail de la matière qui s'opère au profit de la vie ; les débris des animaux et des plantes dégagent, après leur mort, des substances gazeuses ou volatiles ; les unes se répandent dans l'atmosphère et sont absorbées par les feuilles des végétaux, les autres se rendent dans le sol, s'y combinent avec d'autres composés qu'elles y rencontrent et qui les fixent, et en sont ensuite extraites par les racines après qu'elles ont passé à l'état de dissolution. Les principaux produits de la putréfaction sont l'ammoniaque, l'acide carbonique et l'eau, précisément les trois composés les plus nécessaires à la vie des plantes et qu'elles absorbent indifféremment à l'état de gaz, de vapeurs, ou de liquides, libres ou bien unis à d'autres composés. L'acide carbonique libre que le sol renferme est susceptible de s'unir aux carbonates de chaux ou de magnésie qui s'y trouvent et de former des bicarbonates solubles qui passent sous cette forme dans les racines. La racine ne sert donc pas seulement à fournir au végétal les éléments minéraux, mais en outre, de l'acide carbonique et de l'ammoniaque. C'est par la même voie que circule la plus grande partie de l'eau dont l'intervention est si nécessaire à son existence. L'alimentation qui se fait au moyen des racines constitue ce que l'on peut nommer la nutrition terrestre (*Bodennahrung*).

Les feuilles, dont le limbe vert s'étale à la lumière, soutirent de l'atmosphère des gaz et des vapeurs au moyen de leur surface. L'air renferme de l'acide carbonique, dont les sources de production sont

nombreuses et parmi lesquelles l'une des plus importantes est la décomposition des substances organiques. Cet acide carbonique reste libre ou bien se combine à de l'ammoniaque pour former du carbonate ammonique. La décomposition qui s'opère à la surface de la terre répand, en outre, dans l'atmosphère de l'acide sulfhydrique et du phosphure hydrique, et il est probable que ces deux gaz sont absorbés, comme l'acide carbonique, par les feuilles et par les parties vertes de l'écorce. La présence de la vapeur d'eau est générale dans l'air; il y existe également des matières minérales et des substances organiques, dont les unes sont solubles, et dont les autres insolubles ont été entraînées mécaniquement par l'évaporation ; on sait, par exemple, que l'air est, au-dessus de la mer et sur les côtes, pour ainsi dire imprégné de particules salines. Or, la rosée et les pluies apportent ces différentes substances que nous venons d'énumérer et les mettent en contact avec les surfaces des végétaux, qui sont douées du pouvoir d'absorber les gaz, les vapeurs, et, sans doute aussi les divers corps solubles qui se présentent; l'inhalaison de l'humidité s'opère par les feuilles sur une large échelle : la rosée d'une nuit d'été fraîche et sereine, vivifie les bosquets et les prés; il suffit d'une bonne pluie d'orage pour rafraîchir la verdure d'une forêt qu'une longue sécheresse avait flétrie. L'aspiration nutritive qui s'exerce par les feuilles et par les parties vertes de l'écorce constitue ce que nous désignons sous le nom de nutrition atmosphérique (*Luftnahrung*).

Tandis que la surface des jeunes racines est à peu près exclusivement affectée à l'absorption de la nourriture terrestre, la surface des feuilles et, en général, tous les organes verts des plantes, ont, en outre, une autre fonction très-importante à remplir, à savoir, l'exhalaison des gaz et des vapeurs aëriformes. Les racines ne rejettent dans le sol qu'une quantité infime de matières et il ne semble pas admissible, malgré l'opinion qui a eu cours naguère sur ce sujet, que les racines soient susceptibles de modifier, à ce point de vue, la composition du sol où elles croissent en y excrétant des substances nuisibles. L'action des racines sur le sol consiste en un appauvrissement, puisqu'elles en soutirent les matières solubles qui s'y trouvent; en outre, les récoltes des végétaux annuels ou bisannuels laissent dans le terrain des débris organiques, notamment des racines; celles-ci s'y décomposent et peuvent constituer jusqu'à un certain point un obstacle à une nouvelle végétation d'une certaine nature.

L'arbre, de même que toutes les plantes d'une organisation supé-

rieure, élabore dans ses cellules les matériaux dont nous venons de constater l'absorption soit du sol soit de l'air; aussi l'action chimique est-elle continuellement en activité dans les cellules vivantes des végétaux; sans cesse elle décompose, et elle combine toujours. Les arbres de nos forêts qui, pendant toute la durée de l'été, puisent certaines substances dans l'air et dans la terre, rendent en échange, d'autres substances, principalement par les feuilles et par les parties herbacées de l'écorce. Les surfaces vertes des plantes évaporent, surtout par un temps sec, des quantités d'eau considérables; de plus elles exhalent dans l'atmosphère de l'oxygène pendant le jour et de l'acide carbonique quand l'intervention du soleil fait défaut. Cependant l'inspiration des matières étrangères et l'émission de composés différents s'accomplissent toujours suivant un rapport déterminé. La vie de l'arbre est comme suspendue en hiver par suite de la diminution de la température; la cîme perd son feuillage et les radicelles ne sont plus susceptibles d'aspirer la nourriture du sol, parce que leurs surfaces d'absorption ne se renouvellent plus; les feuilles et les racines ne fonctionnent plus, la circulation intracellulaire est abolie et le suc des cellules reste dans un état d'équilibre que rien ne vient troubler. Il en est de même pour les arbres des tropiques qui se dépouillent périodiquement de leurs feuilles, et chez lesquels on peut attribuer la suspension de l'activité vitale à la privation d'humidité; le Baobab (*Adansonia digitata*), par exemple, se recouvre d'une frondescence nouvelle à l'entrée de la saison pluviale (1).

Les feuilles sont directement frappées par la lumière et tournent, en général, vers elle leur surface toute étalée; sous son influence, l'activité chimique des cellules se modifie; elles produisent notamment de la chlorophylle (2) qui donne aux feuilles leur coloration verte. Le tissu cellulaire de l'écorce, recouvert d'un épiderme mince et encore actif, se comporte comme le parenchyme des feuilles, et de là vient que les jeunes écorces des arbres sont colorées en vert. Le périderme cortical du Hêtre paraît même ne pas constituer un obstacle à l'action chimique que la lumière exerce sur les cellules situées

---

(1) Le Baobab et les espèces voisines de Bombax se dépouillent de leurs feuilles à la fin de décembre et se revêtent d'un nouveau feuillage au mois de mai.

(2) On a constaté chez un petit nombre de plantes l'existence de la chlorophylle dans leur embryons, par exemple ceux des Tropaeolum et des Pistacia; elle se présente également dans la moelle des jeunes rameaux; dans l'un et dans l'autre cas cette formation a lieu sans l'intervention de la lumière.

sous son couvert, puisque toute une couche de ce tissu cellulaire est colorée en vert par de la chlorophylle ; cependant la formation de l'écorce rude (*Borke*) des autres arbres vient, en général, s'opposer à la pénétration de la lumière et, par suite, elle arrête la formation de la chlorophylle. L'épiderme de la face supérieure des feuilles est, chez la plupart des arbres, dépourvu de stomates, tandis que ces petits organes sont, au contraire, accumulés sur la face inférieure des feuilles : cette structure est en relation intime avec la diversité des fonctions de ces deux faces, la supérieure étant destinée à recevoir l'action lumineuse tandis que l'inférieure est affectée à l'inspiration et à l'exhalaison des gaz et des vapeurs. L'écorce herbacée des jeunes rameaux est également pourvue d'un épiderme actif, qui, dans la plupart des cas, est percé de stomates.

Un arbre, comme toute plante, ne peut absorber de substances nutritives que par sa surface et c'est encore seulement par la même voie qu'il peut rejeter les principes inutiles ou superflus ; il ne possède pas, comme l'animal, des organes internes de nutrition ou de digestion. En revanche, il jouit de la propriété d'isoler certains principes dans l'intérieur de cellules particulières, qui dès lors sont, en quelque sorte, excommuniées de l'économie générale de la plante. L'apparition de cristaux et surtout la formation de la fécule et d'autres matières alimentaires solides sont dans le cas d'être citées comme exemples ; les dépôts d'huile, de résine, de gomme, etc., dans certaines cavités telles que les conduits résinifères, et dans les vaisseaux, doivent être encore plus particulièrement considérés comme des sécrétions, puisqu'ils ne sont jamais destinés à être utilisés ; le latex lui-même, se trouvant dans des cellules d'une nature particulière, paraît devoir être assimilé à cette catégorie de principes immédiats. La plante se débarrasse donc des substances qui lui sont inutiles ou nuisibles d'une autre manière que l'animal dont le mode d'alimentation et la nutrition sont, d'ailleurs, totalement différents. Dans tous les cas, la surface entière d'un arbre n'est pas apte à l'absorption et à l'exhalaison ; il n'y a que certains organes, encore jeunes pour la plupart, qui servent à ces fonctions ; ainsi la partie de chaque racine située sous une piléorhize est spécialement destinée à extraire du sol les matières nutritives qui s'y trouvent, alors que les portions plus âgées des racines dont l'écorce extérieure est desséchée et crevassée, ne participent plus en rien à cet acte important de la vie. L'écorce de la tige ne conserve non plus la faculté d'inspirer la nour-

riture atmosphérique que pendant la durée de l'activité vitale de son épiderme.

La racine croît par son extrémité qui s'avance toujours plus avant dans la terre, tantôt en pénétrant dans la profondeur, tantôt en s'étendant le long de la surface; dans tous les cas elle fouille sans cesse de nouvelles portions du sol et prend sur son passage les substances solubles que ses spongioles sont susceptibles d'absorber. En même temps que la racine se renouvelle par ses organes terminaux, son épiderme meurt sur ses parties anciennes qui perdent la faculté d'absorber, de telle sorte qu'elles sont dès lors absolument indifférentes à l'égard du sol. L'inégalité du développement d'un arbre à racines profondes, lorsqu'il croît dans un terrain dont les couches sont de composition différente, résulte en réalité des règles qui président à la croissance des racines; aussi longtemps que ses spongioles traversent une couche qui lui est défavorable l'arbre végète mal, mais sitôt qu'elles pénètrent dans une zône meilleure, l'arbre jusqu'alors languissant reprend de la vigueur; réciproquement la santé d'un arbre est exposée à se détériorer si ces conditions sont interverties. Les arbres qui croissent parfois sur les vieux murs, comme par exemple les Epicéas qui s'élèvent sur les ruines du monastère du Paulinzell, dans le Thuringer-Wald, atteignent rarement un âge avancé; cependant la nourriture atmosphérique ne leur manque jamais, mais la nourriture terrestre leur fait défaut, de sorte que passé un certain âge l'arbre dépérit et meurt. S'il trouvait dans le sol tous les principes qui lui sont nécessaires il continuerait, au contraire, à croître indéfiniment même dans ces conditions, comme le prouvent les Frênes si beaux et si vigoureux qui ombragent les murs de l'abbaye de Nedly, près de Southampton. On peut encore citer dans un ordre de fait semblable, la germination des Epicéas sur les souches pourries de Sapins, phénomène qui s'observe souvent et qui s'explique par la nourriture abondante que trouvent ces jeunes arbres dans cette singulière station.

Après une période plus ou moins longue, il se forme, sous l'épiderme des branches et des racines, une couche subéreuse qui diminue ou qui entrave l'inspiration et l'exhalaison des matières gazeuses et aëriformes. Il en résulte que l'évaporation est, selon toute probabilité, à peu près nulle pendant l'hiver à la surface d'un arbre dépouillé de ses feuilles et dont les jeunes branches sont depuis longtemps recouvertes d'une couche subéreuse; elle est, au contraire, considérable pendant l'été et exerce une influence prépondérante sur la circulation,

tandis que dès qu'elle vient à cesser tous les phénomènes de diosmose sont à peu près suspendus. Les cellules végétales sont en quelque sorte engourdies pendant le sommeil hivernal, mais leur vitalité n'est nullement altérée; il ne leur manque, pour la manifester, que les conditions normales du mouvement vital qui sont principalement, sous notre climat, un degré suffisant de température, et sous les tropiques une humidité convenable; le retour périodique de ces deux agents suffit pour rendre la vie aux plantes qui présentaient toutes les apparences de la mort. Toute activité vitale est loin d'ailleurs, d'être abolie pendant cette période; ainsi, les tubercules de pommes-de-terre, conservés en cave pendant l'hiver, cicatrisent parfaitement les blessures qu'on pourrait leur avoir faites. Pendant l'hiver, en un mot, la nature végétale sommeille, sa vie est en quelque sorte latente et engourdie, mais elle est loin d'être abolie et de ressembler à la mort.

Chaque espèce de cellule a, comme nous l'avons vu, son mode de vie propre et sa destination particulière; chacune d'elles est affectée dans les diverses espèces de plantes à l'élaboration de certains produits dont la nature est éminemment variable. Le latex, par exemple, se présente sous un très-grand nombre d'aspects chez les plantes de la même famille et renferme les principes les plus divers; extrêmement vénéneux chez les *Euphorbia canariensis* et *piscatoria,* il est tout-à-fait inoffensif chez l'*Euphorbia balsamifera,* bien que cette plante croisse à côté des deux autres dans les ravins rocailleux des Canaries. Cette diversité des produits a, sans doute, pour cause certains caractères chimiques et des particularités anatomiques difficilement appréciables dans les cellules; chaque cellule soumet la nourriture qui lui est fournie à une élaboration particulière et elle réagit d'une manière non moins précise sur les cellules avoisinantes. L'activité chimique des cellules vivantes et la tendance du suc cellulaire de se mettre en équilibre d'une cellule à l'autre sont les causes premières de la circulation qui s'opère dans les végétaux et qui se manifeste par des phénomènes de diffusion, qui déterminent, chez les arbres, des courants séveux suivant plusieurs directions différentes. Il est possible qu'une seule et même cellule végétale détermine l'ascension de tel composé chimique pendant qu'elle effectue la descente d'une autre substance. La partie ligneuse du système vasculaire est le siége d'une circulation dont la direction principale consiste à faire passer de la racine, par la tige et les rameaux, jusque dans l'extrémité des feuilles, un liquide riche en principes azotés qui se révèlent par la coloration rose qui se mani-

feste dans le cambium de ce système vasculaire, sous l'influence du sucre et de l'acide sulfurique. D'un autre côté, la zone libérine de l'écorce conduit un courant séveux en sens opposé qui descend le long de la tige en déposant sur sa route des substances minérales dans les cellules environnantes, de telle sorte que l'on trouve des cristaux partout dans le voisinage des fibres libérines et des tubes clathracés. Il est, d'ailleurs, à supposer que chaque cellule du système vasculaire d'un végétal, tant dans le bois que dans l'écorce, en d'autres termes soit qu'elle serve à l'ascension de la sève ou bien à sa descente, a le pouvoir d'agir individuellement sur certains principes, de telle sorte que celle-ci élève et que celle-là abaisse plus ou moins de telle ou telle substance. En outre, le parenchyme, qui est réparti partout dans la plante sous les formes et les dispositions les plus diverses, depuis la moëlle qui en occupe le centre, les rayons médullaires qui traversent le système vasculaire, jusqu'à la couche herbacée de l'écorce qui enveloppe le liber, ce parenchyme, disons-nous, détermine dans la sève des courants partiels de directions différentes et qui sont sous la dépendance des besoins particuliers des cellules et de leur voisinage. L'existence d'une sève descendante nous semble prouvée par les expériences des décortications annulaires et par ce fait que la cambification continue à s'opérer dans un lambeau d'écorce isolé de tous les côtés sauf par son extrémité supérieure où il tient encore à la tige : de plus la sève descend par le liber qui, chez les dicotylédones, fait partie intégrante de l'écorce. On doit aussi considérer comme une cause déterminante de la circulation végétale la consommation considérable de matières solubles qui s'opère dans le cône végétatif des bourgeons caulinaires et rhizogènes, parsuite des formations nouvelles auxquelles ils donnent lieu; ces phénomènes doivent être une cause de perturbation dans l'équilibre du contenu soluble des cellules vivantes, et ils doivent par conséquent déterminer les courants de sève ascendants et descendants.

Il n'est aucun point de la physiologie végétale qui ne soit encore plus obscur que la théorie de l'ascension et de la descente de la sève dans les plantes supérieures, les anciennes hypothèses ayant dû être rejetées depuis que l'on connaît mieux la structure intime des végétaux. Contrairement à ce que l'on avait supposé d'abord la sève ne monte ni ne descend dans les canaux vasculaires; les vaisseaux (*die Gefässen*) ne servent plus à la conduite de la sève dès qu'ils constituent des canaux (*Röhren*), étant dès lors remplis d'air. Les vaisseaux et

même les fibres ne sont que pendant peu de temps affectés d'une manière spéciale à la circulation, mais il en est autrement du parenchyme ligneux que la sève remplit pendant de nombreuses années et qui entretient pendant longtemps la circulation dans l'aubier conjointement avec les rayons médullaires. On peut, sous ce rapport, lui assimiler ces cellules ligneuses ou fibres dont les fonctions sont les mêmes que les siennes, mais dont l'existence n'est pas générale chez tous les végétaux supérieurs. On peut attribuer les diverses directions que prend la sève dans la circulation, en d'autres termes le mode du mouvement séveux, aux besoins de consommation qui se manifestent sur différents points, à la nature chimique du contenu des cellules et à l'état des parois cellulaires. Ainsi l'appel de la sève ascendante est, sans doute, principalement déterminé par l'abondante consommation de substances nutritives qui s'opère dans les bourgeons caulinaires; et la descente de la sève peut être de même attribuée, avec non moins de vraisemblance, au développement des bourgeons rhizogènes dont le besoin de nourriture n'est pas moins considérable. Enfin, la consommation et l'élaboration de certains composés particuliers dans certains tissus doit nécessairement faire naître des courants partiels qui se dirigent en différents sens, hypothèse confirmée par l'observation incontestable de la présence dans certaines cellules de principes immédiats qui manquent dans d'autres.

D'après V. Hartig (1), le liquide nourricier absorbé à l'état brut par les racines s'élève exclusivement dans les « véritables fibres ligneuses (*ächten Holzröhren*) » ou vaisseaux (*Gefässen*), jusqu'aux feuilles; là, il serait transformé en « sève de première élaboration (*primären Bildungssaft*) » qui descendrait ensuite par le « tissu fibreux cribriforme (*durch das Siebfasergewebe*) » de l'écorce dans les parties les plus profondes de l'arbre pour s'y transformer, à la suite de l'élaboration exercée par des cellules spéciales, en matières nutritives de réserve (dans les cellules de la moëlle, de l'écorce, des rayons médullaires et du parenchyme ligneux et même chez quelques arbres dans les fibres ligneuses). Ces principes passeraient ainsi l'hiver et, rendus solubles au printemps suivant, ils se mélangeraient avec la sève ascendante brute et constitueraient ainsi une « sève de seconde élaboration (*secundären Bildungssaft*) » qui servirait à l'accroissement des tissus ligneux et au développement des jets, des feuilles, du bois et de l'écorce.

---

(1) Botanische Zeitung, 1858, n. 44 et 45.

Toute plante, suivant Hartig, créerait ainsi chaque année une certaine quantité de substances nutritives de réserve sur l'emploi desquelles reposerait son accroissement de l'année suivante. Quelque ingénieuse que paraisse cette théorie, considérée dans son ensemble, elle ne nous paraît pas à l'abri de toute critique : 1° Je ne sais pourquoi les vaisseaux serviraient seuls à l'ascension de la sève brute, ni pour quelle raison Hartig n'a attribué aux « fibres ligneuses (*Holzfasern*)» (ou cellules ligneuses [*Holzzellen*]) que l'ascension du liquide chargé de dissoudre les substances nutritives (sève de seconde élaboration). S'il en était ainsi, comment les choses se passeraient-elles chez les Conifères qui sont dépourvues de véritables vaisseaux? Nous sommes disposés à admettre, il est vrai, que le rôle des vaisseaux et celui des fibres sont différents dans la circulation, mais nous devons reconnaître que nos connaissances sur ce sujet ne vont pas plus loin. On doit aussi remarquer que dans les branches annelées, qui continuent à vivre de longues années, il n'existe pas de jeunes vaisseaux et que les anciens sont tous remplis d'air ; or, malgré cela, la circulation continue à se faire dans le bois et elle est entretenue par les fibres et probablement aussi par le parenchyme ligneux (chez le Hêtre notamment). 2° Les substances nutritives mises en réserve par un arbre pendant un automne ne seraient nullement suffisantes pour le nourrir d'une manière normale pendant toute la durée de l'année suivante; l'arbre consomme au contraire pendant la période de sa végétation la plus grande partie des principes nutritifs absorbés par les feuilles et par les racines et il ne consacre que son superflu à amasser une réserve de substances alimentaires, phénomène qui, chez la plupart des espèces, ne commence à se manifester que vers l'automne (d'après Hartig, chez l'Erable dès le mois de mai et chez le Sapin à partir du mois de septembre). Dans la plupart des cas, les matières nutritives préparées à l'avance se dissolvent et n'interviennent que pendant la première période du développement des jeunes pousses ébauchées depuis l'automne précédent ; ce développement exige beaucoup de matériaux alibiles dans un moment où il n'existe pas encore de feuilles développées qui puissent s'approprier l'acide carbonique de l'air et exercer tous les phénomènes d'élaboration; quand les jeunes rameaux se sont complétement garnis de leurs feuilles, la provision des substances nutritives est, en général, totalement épuisée et si, à ce moment, les nouvelles feuilles sont supprimées par une cause quelconque, la formation de la couche de bois et de l'écorce secondaire est complé-

tement abolie, phénomène dont le Pin m'a présenté les preuves les plus évidentes. Des arbres de cette espèce avaient été ravagés par des chenilles du *Noctua piniperda* à tel point qu'en automne quelques-uns étaient frappés de mort tandis que d'autres étaient restés vivants ; or on pouvait s'assurer, dans les deux cas, sur les troncs abattus au mois de décembre, que la formation de la couche ligneuse de l'année n'avait eu lieu qu'à moitié, tandis que dans les tiges dont le cambium était resté sain et sauf cette formation avait déjà atteint la production des canaux résinifères qui se trouvent, comme on sait, chez le Pin vers le milieu de la zone ligneuse annuelle. A cette époque le bois d'automne n'existait pas encore. Mais le dépôt de fécule, et en général de toutes les substances nutritives de réserve, avait été complétement aboli, tant dans les rayons médullaires du bois que dans le tissu cortical. Hartig assure que la formation de la fécule commence plus tôt dans les racines d'un arbre que dans ses organes aëriens et qu'elle s'y prolonge plus longtemps ; d'après lui, les racines contiennent en moyenne, quatre fois plus de fécule que les tiges, au moins celles des angiospermes à bois durs qui sont les essences les plus riches en fécule ; au contraire, la formation du bois commence aux extrémités supérieures dès les premiers jours du mois de mai et s'étend lentement vers le bas. Les substances de réserve sont, d'après le même physiologiste, entièrement dissoutes au mois de juin et de juillet et alors la proportion qui reste à l'état solide dans la tige s'élève :

pour les bois durs à	. . .	7 pCt.
pour les bois blancs à	. . .	8 »
pour les Conifères à	. . .	3 »

Les tiges sur lesquelles on a pratiqué une décortication annulaire perdent, d'après Hartig, le pouvoir de produire de la fécule en-dessous de la partie annelée, et si cette mutilation a été effectuée avant que la formation du bois ait commencé, on ne voit apparaître qu'une faible ébauche d'un nouvel anneau annuel. Ce fait est exact, mais il est précisément en contradiction avec la théorie que nous avons rapportée plus haut et d'après laquelle l'arbre consacrerait à la formation ligneuse d'une année les matériaux alimentaires mis en réserve pendant l'automne précédent. D'un autre côté, la fécule n'avait pas totalement disparu dans une branche de Hêtre annelée au mois de mai et qui ne portait pas de rameaux au-dessous de la zone décortiquée; elle y existait mais en quantité minime, il est vrai; la moëlle de cette branche était desséchée, mais l'aubier était tout entier, sauf la der-

nière couche, et même dans l'anneau dépouillé d'écorce, rempli de sève et pourvu de fécule dans ses rayons médullaires et dans son parenchyme ligneux. Cependant cette expérience isolée ne peut suffire et je me propose de continuer, avec la collaboration de M. Ratzeburg, les expériences relatives aux décortications annulaires.

Les recherches de Hanstein, sur la descente de la sève par le liber, sont décisives, mais on peut toutefois se demander si dans une branche annelée le courant descendant est totalement aboli. On doit, en outre, admettre que cette opération vient jeter une certaine perturbation dans l'ascension de la sève puisque deux éléments cellulaires par lesquels elle peut avoir lieu, le cambium et les vaisseaux, lui font défaut. D'un autre côté, lorsque les cellules de l'étui médullaire conservent leur vitalité, et si elles renferment, comme cela s'observe souvent, entre autres chez le Lin, la Pervenche et l'*Ipomea tuberosa*, des éléments libérins, un courant de sève descendante peut se frayer un passage par cette voie (1).

Les pleurs de la Vigne et du Bouleau (2), ainsi que la surabondance de sève qui se manifeste, en général, au commencement du printemps, dans le cambium de nos arbres, proviennent d'un défaut d'équilibre entre la quantité de sève qui est absorbée et celle qui est utilisée à cette époque pour les besoins de la nutrition; aussi, dès que la plante commence à pousser, les pleurs s'arrêtent. Si le végétal n'avait pas amassé en automne de la fécule et d'autres principes similaires qui se déposent dans les rayons médullaires et dans le parenchyme ligneux de son aubier, et qui sont susceptibles de se modifier et de se liquifier sous l'influence de la chaleur et de l'humidité du printemps, il serait hors d'état de développer les jeunes pousses qui reposent dans ses bourgeons. De même que l'embryon végétal réclame, avant qu'il ne soit muni de feuilles, l'intervention des cotylédons ou d'un albumen pour le nourrir, de même la jeune pousse renfermée sous un bourgeon doit recevoir ses premiers aliments de l'écorce et de l'aubier qui la nourrissent jusqu'à ce qu'elle soit à même de se suffire au moyen de ses feuilles; après cette première période les plantules et les rameaux élaborent eux-mêmes les aliments que les feuilles puisent dans

---

(1) La formation de racines sur les branches annelées s'opère chez les monocotylédones qui présentent des faisceaux de li er dans leur écorce secondaire, tels que les Palmiers, les Pandanées, etc., absolument de la même manière que chez les dicotylédones; les faisceaux de liber servent également chez elles à la sève descendante (*Hanstein*).

(2) D'après Hartig, le Hêtre, le Charme, le Noyer, l'Érable et le Cornouiller pleurent aussi.

l'atmosphère. L'accroissement des jeunes pousses nécessite beaucoup de nourriture; aussi les pleurs de la Vigne et du Bouleau sont-ils de courte durée et l'écorce de nos arbres forestiers ne se laisse-t-elle pas pendant longtemps détacher avec facilité. Toutefois ce phénomène se renouvelle chaque année une seconde fois, à l'époque dite de seconde pousse, pendant laquelle le rameau de l'année se développe et de nouveaux bourgeons se forment sur la première pousse, double cause sous l'influence de laquelle la sève s'accumule momentanément en grande quantité.

Les différentes espèces d'arbres présentent, dès l'état embryonnaire, des caractères particuliers d'une grande importance tant au point de vue chimique que sous le rapport anatomique : les Euphorbiacées, par exemple, sont déjà lactescentes quand leur embryon se dépouille à peine de ses enveloppes; les plantules de l'Aune sont munies, dès leurs premières semaines d'existence, de ces tubérosités radicales qui lui sont propres (Pl. IV. Fig 33). On en peut conclure que dès l'état embryonnaire les différences chimiques et anatomiques qui se manifestent entre les plantes existent déjà en germe. La tige, la racine et les feuilles de chaque arbre ont, dans de certaines limites, une structure particulière et, par conséquent, leur caractère propre. Chaque espèce exige, en outre, une nourriture terrestre d'une nature déterminée; l'une croît sous telles conditions climatériques, l'autre sous telles autres. Il en est qui peuvent d'ailleurs trouver les conditions extérieures nécessaires à leur végétation dans des contrées où elles sont artificiellement transportées, d'où résulte une distinction que l'on doit établir entre les végétaux indigènes et les végétaux naturalisés. Le Pin s'accommode de terrains fort différents; le Sapin, au contraire, exige un sol fort et humide. Il est d'ailleurs très-probable que la

Fig. 191.



Fig. 191. Une plantule de Pin au mois de mai de sa deuxième année, dessinée d'après nature à l'école forestière de Neustadt. A l'aisselle des feuilles primordiales supérieures de première année se montrent des aiguilles doubles qui caractérisent les plantes de deux ans.

nature d'une plante est susceptible de se modifier, dans certaines limites, sous l'influence de la station où elle croît. A l'appui de cette opinion nous pouvons citer le fait suivant qui nous a été rapporté par Ratzeburg : de jeunes plants de Pin, semés à Neustadt, développèrent la première année une tigelle d'un pouce environ de longueur et la seconde année des pousses d'une longueur à peu près double (Fig. 191); or ces mêmes Pins semés en Silésie (*Oberschlesie*), dans un terrain marécageux arrosé par l'Oder, donnèrent la première année des jets de quatre pouces, qui atteignirent la seconde année jusqu'à dix pouces. Certains arbres, le Chêne notamment, développent sur leurs racines, quand le sol est maigre, des radicelles plus longues que dans un terrain gras ; il en est d'autres il est vrai, comme le Sapin, qui n'émettent des radicelles dans aucun cas et qui par suite conviennent particulièrement aux terres fortes. Malgré cette exception on peut admettre comme un fait à peu près général que le nombre de radicelles augmente avec la stérilité du sol, de même que les poils et les glandes sont susceptibles de présenter sur les tiges et les feuilles de grandes variations suivant les conditions dans lesquelles les plantes se trouvent ; nous citerons, entre autres le *Matthiola Maderensis*, qui habite les rocs escarpés de Madère, et qui, d'après la station, ne porte pas une seule glande, en présente un petit nombre ou bien une grande quantité. On arriverait sans doute à de beaux résultats, aussi importants pour la science que pour la pratique, en étudiant comparativement et d'une manière précise les rapports de la structure des végétaux et des conditions climatologiques auxquelles ils se trouvent soumis.

L'extension considérable de certaines espèces sur le globe et l'aire étroite dans laquelle d'autres sont confinées, sont, sans aucun doute, basées sur l'organisation intérieure et sur la possibilité ou l'impossibilité dans lesquelles elles se trouvent de s'accommoder à certaines conditions déterminées. Notre Pin, par exemple, occupe une aire géographique fort étendue et le Mélèze, au contraire, est reserré entre d'étroites limites. L'étude de ces faits n'est donc pas sans intérêt et nous croyons utile de donner quelques renseignements sur l'extension géographique de nos principales essences forestières (1).

Le Sapin ordinaire (*Abies pectinata DC.*) a pour limite septentrionale

---

(1) Nous avons utilisé pour cette partie de notre ouvrage : SENFT, *Lehrbuch der forstlichen Botanik. Jena* 1857; BERG, *Verbreitung der Waldbäume und Straucher in Norwegen, Schweden und Finnland,* inséré dans l'Annuaire de Tharand pour 1859 ; de FISCALI, *Deutschlands Forstculturpflanzen,* Vienne et Olmutz, 1858.

de son aire forestière le 51e degré de latitude; planté, il s'étend dans le Telemark jusqu'au 59e. Il est également spontané en Thuringe, en Saxe, en Silésie et dans les Carpathes orientales où il s'élève jusqu'à 1030 mètres d'altitude supramarine; il s'étend vers le Sud dans les Alpes, où il s'associe avec l'Epicea et atteint les régions situées à 1412 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il aime un sol profond, argileux et gras, une station abritée et un climat tempéré.

Le point le plus septentrional où croît l'Epicea (*Picea vulgaris* Link) est le promontoire Kunnen, situé sur le 76e degré de latitude; il reste, dans les montagnes entre 850 et 900 mètres en-dessous de la limite des neiges, laquelle sous le 62e degré se trouve à 1569 mètres d'altitude. Sensible aux brouillards de la mer, il ne s'approche pas des côtes et affectionne plutôt l'intérieur des terres. Il est principalement répandu dans les chaînes de montagnes qui traversent longitudinalement l'Allemagne depuis la Forêt-Noire et les Vosges jusqu'aux Sudètes orientales; en outre, on le rencontre dans les Carpathes, dans les Alpes, dans les Pyrénées et dans les montagnes de l'Italie (Fig. 192).

Fig. 192.



Le Pin (*Pinus sylvestris*) ne dépasse guère en Suède le 70e degré et c'est là sa limite boréale en Europe; il y reste petit, ne s'élève guère au-dessus de 9 à 11 mètres, mais constitue toujours un arbre et fournit un bois utile. Dans les monts Dophrines, situés par 62°. 5, on le trouve encore à 880 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il est encore indigène dans le nord de la Russie, de la Sibérie, de l'Ecosse, de même que dans l'Allemagne septentrionale; plus au Sud il constitue les plus belles forêts (le Hauptsmoor près de Bamberg) et dans les Alpes il monte à 950 mètres d'altitude supramarine.

Le Pin pignon (*Pinus Pumilio*) n'est indigène que dans des régions montueuses plus élevées; il croît dans l'Inselsberg à 950 mètres et

Fig. 192. Jeunes cônes et fleurs mâles de l'Epicea (*Picea vulgaris*).

dans les Alpes jusqu'à 1900 mètres au-dessus du niveau de la mer (Fig. 193). Le *Pinus Cembra* est limité aux Alpes et aux Carpathes, et s'élève dans le Tyrol jusqu'à 2200 mètres. Le Pin noir ou Pin d'Autriche (*Pinus austriaca Höss*) n'est guère indigène que dans les montagnes de l'Autriche. Le Pin de Lord Weymouth (*Pinus Strobus L.*) a été importé d'Amérique et paraît être un arbre des régions inférieures (Fig. 194). Le *Pinus pinea*, le *Pinus Pinaster* et le *Pinus maritima* appartiennent à l'Europe méridionale; le Pin des Canaries (*Pinus canariensis*) est exclusivement propre à ces îles et n'est pas spontané ni à Madère ni aux Açores; il forme des forêts, conjointement avec le Dattier, dans le Caldera de Palma.

Fig. 193.



Le Mélèze (*Larix Europæa DC.*) est un véritable arbre alpestre; il produit quelquefois sur le calcaire et le micaschiste (*Glimmerschiefer*) des troncs énormes que sept hommes, les bras étendus, sont incapables d'embrasser complétement. A une altitude de 880-1250 mètres, il constitue de grandes forêts, et il s'élève isolément dans les montagnes jusqu'à une élévation de 1900 mètres. On trouve également des bois de Mélèze en Russie et en Sibérie; planté en Scandinavie, il a réussi jusqu'au 61e degré.

Le Genévrier (*Juniperus communis*) croît aussi bien dans le voisinage des neiges éternelles que dans les pays chauds, et il se contente des terrains les plus arides.

L'If (*Taxus baccata*) formait jadis en Allemagne de petits bois mon-

Fig. 193. Rameau de Pin pignon (*Pinus Pumilio*).

tueux, tandis que de nos jours on n'en trouve plus que des pieds isolés. Sendtner a mesuré dans l'Algau plusieurs Ifs d'une hauteur de sept mètres et demi, dont les troncs atteignaient une circonférence de plus de trois mètres. On le rencontre aussi çà et là dans les bois de Madère et des Canaries, mêlé au *Juniperus Cedrus*.

Le Chêne pédonculé (*Quercus pedunculata*) croît sur les terrains sablonneux, profonds, qui renferment des principes argileux et alcalins ; il est répandu dans les vallées de plissement (*Muldenformigen*), du grès bigarré et du keuper de toute l'Allemagne ; il s'étend en Norwége jusqu'au 63e degré, et s'élève sur les Alpes bavaroises jusqu'à 816 mètres. Il réussit encore à Madère où on le cultive comme arbre d'ornement.

Fig. 194.



Le Chêne rouvre ou Chêne à trochets (*Quercus sessiliflora*) s'accommodant bien d'un climat plus froid, se répand plus loin vers le Nord et touche au 64e degré ; par contre, sa limite méridionale reste en deçà de celle de l'autre espèce ; c'est plutôt un arbre montagneux : dans le Tyrol méridional il croît jusqu'à une altitude de 1500 mètres.

Le Chêne de Bourgogne (*Quercus Cerris L.*) est originaire de la Hongrie, de la Croatie, de la Slavonie et de la Basse-Autriche ; son fruit met deux ans à mûrir.

Les Chênes toujours verts appartiennent à l'Europe méridionale; le Chêne-liége (*Quercus Suber*) est en particulier propre à la flore méditerranéenne.

Le Hêtre (*Fagus sylvatica*) croît de préférence sur un sol calcaro-argileux, abondant en alcalis, d'une humidité modérée et riche en humus, en un mot sur les terrains calcaires et gompholitiques (*Nagelflue*). Il est indigène dans la région qui s'étend jusqu'au 65e degré de longitude, de part et d'autre du méridien de Feroë; il s'étend vers le Nord en Norwége jusqu'au 60e degré de latitude, en Ecosse et en

Fig. 194. Rameau d'un Pin Weymouth (*Pinus Strobus*).

Suède jusqu'au 57e, et en Russie il ne dépasse pas le 45e; sa présence n'a été jusqu'à présent constatée dans l'Amérique du Nord qu'entre 32 et 45 degrés de latitude. Tandis que dans le Nord il n'habite que la plaine, il s'élève de plus en plus haut à mesure que l'on s'approche de l'équateur. Dans le Harz et le Thuringer-Wald, il s'élève déjà à 950 mètres, dans les Carpathes à 1225 mètres, et sur le mont Etna il constitue la limite supérieure des forêts entre 1250 et 1900 mètres (Fig. 195).

Le Châtaignier (*Castanea vesca*) est répandu en Europe, en Asie et en Amérique dans toute la zone tempérée chaude. Il constitue déjà de petits bois dans l'Allemagne méridionale, notamment dans le Nassau et dans la Bavière rhénane; il est très-commun en Grèce, en Italie, dans le midi de la France, en Espagne et en Portugal, et fut transporté de la Péninsule ibérique aux Canaries et à Madère, où il forme de magnifiques forêts dans une certaine région montagneuse élevée de 625-950 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le célèbre *Castagno di centi cavalli* du mont Etna mesure, dit-on, 56 mètres 5 cent. de circonférence au niveau du sol (?)

Fig. 195.



Le Noyer (*Juglans regia*) est originaire de la Perse et ne se rencontre chez nous qu'à l'état de culture. Le Noyer d'Amérique (*Juglans nigra*) est mieux approprié au climat de l'Allemagne.

Le Charme (*Carpinus Betulus*) est répandu dans la plus grande partie de l'Europe; il aime à croître dans un sol ombragé, modérément humide et argilo-calcaire; il ne s'élève pas à une grande altitude sur les montagnes, puisqu'il ne dépasse pas 850 mètres sur le Berchtesgaden; sa limite septentrionale se trouve vers le 56e degré (Fig. 105).

Le Coudrier (*Corylus Avellana*) est aborigène dans toute l'Europe et en Asie; il aime un sol calcaro-argileux et qui ne soit pas trop humide. Sa limite boréale est tracée par le 66e degré. Une variété, le Noisettier de Barcelone (*Corylus Avellana barcelonensis*), est fort répandue.

Le Bouleau (*Betula alba*) se rencontre dans les plaines et dans les

Fig. 195. Feuillage du Hêtre (*Fagus sylvatica*).

montagnes de toute l'Allemagne ; il se plaît dans une terre légère, renfermant une certaine quantité d'humus, sabloneuse et limoneuse ; cependant il réussit encore dans un sol de sable reposant sur un sous-sol d'argile. Il s'étend fort loin vers le Nord, atteignant en Russie le 69ᵉ degré et en Scandinavie le 71ᵉ, notamment au Cap-Nord où il ne dépasse jamais, il est vrai, 3 mètres de hauteur. Sur le Saint-Gothard, il croît encore à 1225 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les plus beaux bois de Bouleau se trouvent en Russie. Le Bouleau noir (*Betula pubescens*) est plutôt un arbre du Nord et ne forme jamais en Allemagne d'association forestière. Le Bouleau nain (*Betula nana*) constitue un petit buisson propre aux montagnes les plus élevées de la Norwége sous les sommets du Broken, du Schneekoppe, etc.), où il touche de très-près à la limite des neiges perpétuelles.

Fig. 196.



L'Aune (*Alnus glutinosa*) est répandu dans toute l'Europe, en Russie jusqu'à la mer Blanche, en Suède jusque dans le Gothland, et dans le Sud partout où il trouve un sol humide et marécageux. Il s'élève sur les Alpes Bavaroises jusqu'à 850 mètres et plus haut encore dans le Tyrol méridional. L'*Alnus incana* est confiné dans les terrains sabloneux d'une humidité moyenne, et il est propre aux montagnes et aux hautes Alpes où il s'élève jusqu'à près de 1900 mètres ; sa véritable patrie est la Laponie, la Finlande et la Suède (Fig. 196).

Parmi les Peupliers, le Peuplier noir (*Populus nigra*) est le plus répandu en Europe ; il grandit très-vite, et de tous les arbres il est celui qui donne le plus de bois (Fig. 197). Voigt rapporte qu'en 1840 on abattit près de Iéna un de ces arbres, âgé de 140 ans et dont la hauteur était de 120 pieds de Leipzig ; sa circonférence était de 32 pieds à la base du tronc, et celui-ci s'élevait à 22 pieds de hauteur et se divisait ensuite en cinq branches principales. Le Tremble (*Populus Tremula*) habite les bois de l'Europe centrale et occidentale (Fig. 198) ; le Peuplier blanc (*Populus alba*) est plus commun dans le midi de

Fig. 196. Feuillage des branches inférieures de l'Aune (*Alnus glutinosa*).

l'Allemagne, et le Peuplier pyramidal (*Populus pyramidalis*) est originaire de l'Italie.

Parmi les Saules, le Saule blanc (*Salix alba*) est le plus fort ; il devient un arbre élevé et pittoresque lorsqu'il n'est pas étêté ; on le trouve en Allemagne sur le bord de toutes les rivières. Le Saule Osier (*Salix fragilis*) et le Saule Marceau (*Salix capræa*) ne donnent pas des tiges aussi puissantes. Le Saule des Vanniers (*Salix viminalis*) est très-commun sous la forme de buisson ; les *Salix aurita* et *repens* sont encore de plus petite taille et croissent naturellement dans les fanges et les tourbières. Toutes ces espèces réclament pour vivre beaucoup d'humidité (Fig. 199).

Fig. 197.



Le Platane (*Platanus occidentalis*) est originaire de l'Amérique du Nord. Il ne constitue pas dans notre pays une véritable essence forestière, bien qu'il réussisse parfaitement ; il ombrage à Madère presque toutes les promenades publiques. Le Platane d'Orient (*Platanus orientalis*), indigène en Asie, était déjà connu des Grecs et des Romains.

Le Frêne (*Fraxinus excelsior*) aime un sol humide, rocailleux ou sablonneux, contenant de l'argile et de l'humus ; aussi le rencontre-t-on le plus souvent sur le bord des rivières et dans les gorges les plus sombres des montagnes. On peut le considérer comme un arbre caractéristique de l'Allemagne. Il franchit les Alpes et s'arrête dans la Basse-Italie ; à l'Ouest il s'étend jusqu'à l'Asie septentrionale, et il atteint en Norwége le 62e degré de latitude ; il s'élève dans le Tyrol méridional jusqu'à 1100 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les Frênes qui grandissent près de Southampton sur les ruines de l'abbaye de Nedly et qui sont entrelacés de Lierre jouissent d'une certaine célébrité. Le Frêne à Fleurs (*Fraxinus Ornus*) est un arbre méridional ; on en a formé dans les environs de Cadix de superbes promenades.

Les Ormes (*Ulmus campestris* et *effusa*) se plaisent dans les terrains d'alluvions en Allemagne, en France, en Hongrie et dans les plaines

Fig. 197. Feuillage du Peuplier noir (*Populus nigra*).

de l'Italie septentrionale. L'Orme champêtre croît dans les Alpes jusqu'à une altitude de 1200 mètres.

Les Erables sont répandus sur toute l'Europe où ils recherchent les terrains argilo-calcareux. L'Erable champêtre s'élève dans les Alpes

Fig. 198.



jusqu'à 875 mètres; le Plane ou Faux-Sycomore (*Acer platanoïdes*) se plaît dans les montagnes de hauteur moyenne où il atteint 1100 d'altitude; l'Erable Sycomore ou Faux-Platane (*Acer pseudo-platanus*) enfin forme dans les Alpes calcaires de magnifiques forêts et atteint 1600 mètres au-dessus du niveau de la mer (Fig. 200).

Le Tilleul à larges feuilles (*Tilia grandifolia*) est originaire des montagnes de l'Europe méridionale d'où il a été répandu par la culture jusque dans l'Europe centrale; il réclame un sous-sol nutritif, humide et contenant du calcaire; dans les Alpes (*Berchtesgaden*) il dépasse 950 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Le Tilleul à petites feuilles (*Tilia parvifolia*), répandu dans presque toute l'Allemagne, est aussi un arbre des montagnes; il réussit le mieux sur les montagnes calcaires ou basaltiques et se rencontre jusqu'à une altitude supramarine de 1200 mètres (Fig. 201).

Le Marronnier d'Inde (*Aesculus Hippocastanum*) fut importé d'Asie vers la fin du seizième siècle.

Fig. 198. Ramification du Tremble (*Populus Tremula*).

L'Acacia (*Robinia pseudo-acacia*) est originaire de l'Amérique du Nord, mais il est naturalisé chez nous depuis plus de 200 ans; il aime à être planté dans le voisinage des bâtiments et sur des décombres (Fig. 202) et semble éprouver un impérieux besoin de calcaire.

Fig. 199.



Quelques arbres, comme le Mûrier, le Noyer et l'Orme, sont fort sensibles à la gelée, tandis que d'autres supportent une température très-rigoureuse, nos Conifères notamment, et le Bouleau résistent aux hivers les plus rudes. D'après Pfeil, le Chêne et le Hêtre gèlent en Allemagne par un froid très-vif, tandis qu'en Suède ils supportent toutes les rigueurs du climat, et il rattache ce fait à ce que le froid ne fait aucun mal aux arbres en décembre et en janvier, mais leur est fort préjudiciable au mois de mars. Pfeil explique cette différence de sensibilité, avec raison, par l'état dans lequel se trouve la sève; il est incontestable, en effet, que l'on doit attacher une grande importance au temps chaud ou froid qui précède une gelée. Les gélivures déterminées dans beaucoup d'arbres par un froid très-vif et qui pénètrent parfois jusqu'à la moëlle, se referment lors du dégel et peuvent se cicatriser.

De même que le froid, un excès de chaleur est nuisible à certains arbres, notamment l'action trop vive des rayons directs du soleil sur leur tronc. Le Hêtre, par exemple, ne peut supporter une insolation trop vive; son écorce se déchire et s'exfolie lorsque les rayons solaires agissent longtemps sur elle; aussi les jeunes plants de Hêtre ne se laissent élever qu'à l'ombre et l'on doit avoir soin de ne les éclaircir que petit-à-petit. Le Sapin et l'Epicea demandent à être ombragés pendant leurs premières années; plus tard, au contraire, ils veulent beaucoup de lumière et grandissent alors avec vigueur. Le plant de Chêne réussit moins bien à l'ombre; l'Erable, le Frêne, le Peuplier et le Pin peuvent également supporter la lumière; ce dernier languit

Fig. 199. Feuillage du Saule des Vanniers (*Salix viminalis*).

même dans les endroits sombres où le Hêtre réussit à merveille. D'après Pfeil, le Sapin peut vivoter pendant cinquante à soixante ans à l'ombre en restant rabrougri et puis devenir encore un bel arbre s'il parvient au grand jour; le Bouleau, au contraire, dépérit dès la première année si la lumière solaire lui fait défaut. Le même arboriculteur assure que l'Aune, l'Erable, le Frêne et le Pin ne se rétablissent jamais d'une privation de lumière mais que l'Epicea est d'une nature un peu moins difficile sous ce rapport. On remarque que sur le versant septentrional d'une montagne les arbres sont généralement plus élevés que sur la pente méridionale, fait qui s'explique par cette raison que les premiers ne sont guère éclairés qu'à leur sommet et sont, par conséquent, en quelque sorte forcés de s'élever, tandis que les arbres qui sont librement baignés de toute part par la lumière, développent des branches dans tous les sens et

Fig. 200.



Fig. 201.



Fig. 200. Feuillage du Plane ou Faux-Sycomore (*Acer platanoïdes*).
Fig. 201. Feuillage du Tilleul commun (*Tilia parvifolia*).

n'ont pas une aussi forte tendance à accroître surtout leur flèche. Le taillis ne peut croître à l'ombre d'une futaie épaisse et élevée à cause du manque de lumière ; même sous les latitudes plus méridionales où les rayons solaires possèdent une beaucoup plus grande intensité, les broussailles qui forment souvent des fourrés inextricables manquent sous l'ombre épaisse des forêts. Nous avons été frappé de l'aspect que présente sous ce rapport le bois d'*Agua Garcia* à Ténériffe : dans la région supérieure croît un taillis ou sous-bois compact, composé de Bruyères arborescentes, de *Myrica Faya* et de divers *Ilex* qui atteignent une hauteur de 9 à 12 mètres ; ces arbustes diminuent successivement à mesure qu'apparaissent de grandes Laurinées, jus-

Fig. 202.



qu'à ce que l'on arrive dans la partie inférieure de la gorge de la forêt, où, sous le sombre couvert de vieux *Vinhaticos* (*Persea indica*), il n'y a plus de traces de broussailles; il y règne une silencieuse obscurité, et l'on ne rencontre sur la terre humide et sur les troncs abattus que des Mousses et des Fougères qui semblent fuir la vive clarté du jour. Dans les forêts primitives, que les Portugais nomment *Montado dos Pecegueiros* et qui existent dans la partie septentrionale de Madère, les taillis prédominent, et les grands arbres ne s'élèvent que ça et là au-dessus d'eux; cependant là où plusieurs d'entre eux se réunissent et forment une sorte de futaie qui arrête les rayons lumineux, le sous-bois disparaît complétement.

Fig. 202. Ramification de l'Acacia (*Robinia pseudoacacia*).

Certaines espèces aiment l'humidité, d'autres, au contraire, préfèrent une station plus sèche. L'Aune noir, par exemple, ne se trouve qu'aux bords des cours d'eau et dans des terrains bas et humides, jamais on ne le rencontre dans des endroits secs ; on peut même remarquer, sur le bord des rivières, qu'il émet généralement plus de branches et plus de rameaux du côté de l'eau et que ceux-ci se courbent vers elle comme s'ils étaient attirés par les ondes. La plupart des espèces de Saule sont également confinées dans les stations dont le sol est frais et peu élevé. Il faut en outre, pour que ces deux genres de plantes prospèrent, que l'atmosphère elle-même soit humide, circonstance qui provient de ce que leurs feuilles, étant recouvertes d'un épiderme mince, évaporent beaucoup plus que celles de la plupart des autres arbres. On observe, par exemple, que les feuilles d'une jeune branche d'Aune coupée et mise dans l'eau à côté d'un jeune rameau de Bouleau se dessèchent beaucoup plus rapidement que celles de ce dernier. Le Bouleau aime d'ailleurs un terrain sec et il devient malade dans les bas-fonds humides. Le Pin se trouve bien à peu près partout où on le place, seulement il ne s'élève pas également haut partout.

Il faut, pour qu'un arbre développe ses fleurs et mûrisse ensuite ses graines, qu'il ait acquis une certaine force. On remarque sous ce rapport, des différences considérables : le Pin et le Mélèze fleurissent souvent dès leur seizième année, l'Epicea rarement avant quarante ans, le Sapin et le Hêtre attendent, en général, qu'ils aient atteint la cinquantaine. La plupart des arbres forestiers ne fructifient pas chaque année : le Hêtre, le Chêne et l'Epicea laissent, en général, un intervalle de trois à sept ans, entre chaque fructification. Cet intervalle varie d'ailleurs d'après l'influence qu'exercent la station et le climat ; les arbres libres dans leur allure fleurissent généralement à des intervalles plus rapprochés et en plus grande abondance que ceux qui sont serrés les uns contre les autres ; le Hêtre produit beaucoup plus de faînes sur un bon terrain que sur un sol de mauvaise qualité. On sait que l'année 1858 a été éminemment remarquable par la riche floraison de tous les arbres forestiers et même d'un grand nombre de plantes exotiques dont les fleurs se montrent fort rarement sous notre latitude ; le Lin de la Nouvelle-Zélande, par exemple, a fleuri, en 1858, à Berlin. Ces faits sont incontestablement le résultat de l'action exercée par la température de 1857, dont l'été avait été chaud et très-prolongé, ce qui devait provoquer la formation d'une grande quantité de matières nutritives et par suite l'ébau-

che de beaucoup de bourgeons à fleurs. Au contraire pendant l'année 1852, l'Epicea et le Hêtre ne fructifièrent presque nulle part en Allemagne et nous en avons rencontré quelques pieds près de Schwarzbourg et aux environs de Wiesbaden dont les graines étaient stériles; or, l'année précédente avait été signalée par une abondance extraordinaire de graines d'Epicea et de Hêtre, et la conséquence inévitable de ce fait devait être un épuisement. La même observation a été faite pour les arbres fruitiers; on peut établir en règle générale qu'une abondante récolte de fruits est toujours suivie d'une mauvaise année. Le Sapin, dont les cônes dressés sont confinés sur les branches les plus élevées, fleurit, au contraire, tous les ans; on peut en dire autant du Pin. Les forestiers ont remarqué que la couche ligneuse formée par le Hêtre et l'Epicea pendant les années de fructification est toujours plus faible que celle qui se dépose pendant les années de stérilité. Les Hêtres qui naissent isolément sur des terres fortes portent souvent çà et là quelques fruits chaque année, fait que nous avons observé dans la forêt de Katzbourg sur un viel arbre entouré d'Epiceas et sur les vieux Hêtres du Kesselberg, près de Blankenbourg, dans le Thuringer-Wald : on a remarqué la même chose près de Neustadt, bien que pendant certaines années, en 1852 par exemple, tous les arbres fussent stériles, sans doute parsuite de l'épuisement des matières nutritives nécessaires à la maturation des fruits. D'un autre côté, le Sapin, qui porte relativement peu de cônes, ne saurait être fatigué par eux autant que l'Epicea, qui pendant une bonne année de fructification est couvert de fruits du sommet à la base. Cependant l'accroissement en hauteur du Sapin diminue à partir de l'époque de la floraison ; quand les fleurs se montrent à son sommet, sa cîme, de pyramidale qu'elle était, se déprime et devient sphéroïdale.

Toute branche, dont le bourgeon terminal porte des fleurs, perd par là même, la faculté de s'allonger plus longtemps parce que son cône de végétation a été consacré à la formation des fleurs. Le Dragonnier en peut servir d'exemple; sa tige ne se ramifie qu'après la première floraison de son bourgeon terminal, et ses branches elles-mêmes ne se divisent qu'après avoir fleuri. Le Gui (*Viscum album*) doit sa remarquable dichotomie à la suppression constante de tous ses bourgeons terminaux qui tous se transforment invariablement en fleurs (Fig. 63).

Chaque rameau est, en général, susceptible de jouer le même rôle que l'axe principal; de là vient que, séparés de la tige et placés dans

des conditions favorables, les rameaux de la plupart des plantes peuvent constituer la tige d'un individu nouveau : ce fait est le principe de la multiplication des végétaux par bulbes, par boutures et par marcottes.

Certains arbres se reproduisent aisément par boutures, comme le Saule, le Peuplier et le Tremble ; d'autres ne peuvent, au contraire, être propagés que par le moyen des graines, par exemple les Conifères, le Chêne et le Hêtre. Cette différence provient de ce que les premiers produisent facilement des bourgeons rhizogènes sur leurs axes, tandis que les autres se refusent à cette formation. D'autres émettent naturellement des rejets au moyen de leurs racines, comme le Tremble et l'Orme, faculté dont les Conifères sont absolument dépourvus. La plupart des arbres sont susceptibles d'émettre sur leurs racines des bourgeons caulinaires adventifs, mais les Conifères sont encore très-sobres de cette émission de bourgeons adventifs, même sur leurs tiges. Il est rare que les brous de racine se forment profondément en terre, mais ils sortent, en général, des racines horizontales qui rampent à peu de distance de la surface du sol.

La chute des feuilles s'opère, suivant les espèces, à des époques différentes et de diverses manières : le Pin conserve ses aiguilles deux ou trois ans, le Sapin et l'Epicea gardent les leurs pendant huit à douze années. Chez certains arbres, le Baobab par exemple, on constate la chute annuelle de certains rameaux, qui, chez le Chêne, sont désignés sous le nom d'éclats (*Absprünge*), et que Hartig (1) a reconnu provenir d'une désarticulation. Le même phénomène semble s'opérer chez le *Taxodium*. La chute naturelle des branches chez les Conifères et chez les autres arbres, dépend d'une cause toute différente : en général, les branches et les rameaux inférieurs dépérissent et meurent parce qu'ils sont ombragés par la cîme, phénomène qui se manifeste sur une large échelle dans les fourrés épais où l'on voit les arbres s'élaguer, pour ainsi dire, d'eux-mêmes.

Chaque arbre passe successivement par plusieurs périodes vitales. La première est celle qui commence avec la germination et s'étend jusqu'à la première floraison ; la seconde est comprise entre la première année de floraison et l'époque où l'accroissement de la tige diminue d'une manière générale ; la troisième et dernière période se prolonge jusqu'à la mort de l'arbre. Il est cependant tout aussi impos-

---

(1) Th. Hartig. *Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen*, p. 119.

sible de limiter exactement chacune de ces époques qu'on ne le pourrait pour les périodes analogues de la vie de l'homme et des animaux supérieurs; la nature ne s'est nulle part élevé des barrières à elle-même. La première époque embrasse, comme nous l'avons déjà vu, des laps de temps fort inégaux chez les diverses espèces d'arbres forestiers, et l'on en peut dire autant des deux autres. Les arbres qui grandissent très-vite dans leur jeunesse traversent rapidement la première période, comme le Pin, le Mélèze et le Bouleau. Au contraire, le Sapin, l'Epicea, le Hêtre et le Chêne croissent lentement pendant leurs premières années, et sont pour cette raison très-robustes quand vient l'âge de la floraison. La diminution de la croissance ou le commencement de la décrépitude survient, en général, plus tôt pour les arbres qui grandissent vite que pour ceux qui croissent lentement. Ainsi les Conifères atteignent leur maximum de végétation, en moyenne vers la quatre-vingt-dixième ou la centième année; les anneaux ligneux du Hêtre ne commencent à faiblir qu'à partir de la 130 à la 150e année; la valeur annuelle de l'augmentation en épaisseur du Chêne diminue seulement quand il arrive à 150-200 ans; le Châtaignier conserve beaucoup plus longtemps encore, dans les climats méridionaux, la vigueur de la jeunesse. La dernière période de la vie des arbres est encore beaucoup plus variable que les deux premières; et dépend, en grande partie, de circonstances locales et accidentelles. Cependant on peut remarquer d'une manière générale que les bois blancs et légers qui se forment rapidement, meurent plus tôt que les bois durs : le Saule et le Peuplier ne deviennent jamais fort vieux, tandis que le Tilleul atteint un âge fort avancé.

Le Tilleul le plus âgé qui existe en Allemagne se trouve à Neustadt sur le Kocher; son tronc mesure un peu plus de 10 mètres de circonférence; il était déjà célèbre en 1408 (1). Dans le bois de Rudolstadt on rencontre de vieux Pins qui, d'après mes calculs, présentent 280 à 300 anneaux annuels; mais les couches ligneuses formées pendant le dernier siècle sont tellement étroites, qu'on ne parvient à les compter qu'à l'aide de la loupe. Les Sapins du Wurzelberg près de Katzhutte dans le Thuringer-Wald sont la plupart âgés de 300 à 400 ans, et les plus grands atteignent même l'âge de 600 ans, attesté par le nombre des anneaux ligneux; ils ont tous une cîme

(1) Masino. *Naturstudien,* première édition. p. 120. — Link. *Die grosse Linde bei Neustadt. Flora,* 1850.

desséchée. On rencontre à Ténériffe beaucoup de vieux Pins (*Pinus canariensis*) contemporains de la *Conquista* et reconnaissables, en général, parce qu'ils sont ornés d'une petite madone. A Madère et à Ténériffe il existe d'énormes Maronniers, de 10 à 12 mètres de circonférence, qui, selon toute probabilité, ont été plantés par les *Conquistadores* au commencement du quinzième siècle ; cet arbre n'est pas indigène dans ces îles, mais il est souvent question de sa plantation par les conquérants. Des Lauriers (*Oreodaphne foetens*) plus gigantesques encore, de 12 à 13 mètres de circonférence, sur une hauteur de 28 à 37 mètres, situés au nord de Madère, sur *l'Achada do Indeo*, sont bien certainement contemporains de la conquête (1419). Ces arbres ne croissent qu'avec une grande lenteur. Une autre Laurinée, l'Avocatier (*Persea indica*), atteint dans le bois d'Agua Garcia à Ténériffe, plus de 12 1/2 mètres de circonférence, et ses énormes souches supportent de puissantes tiges (1). Le vieux Chêne de Pleischwitz, près de Breslau, mesurait, d'après Goeppert, 13 m. 32 cent. de circonférence sur une hauteur de 24 mètres 1/2 seulement : Goeppert en évalue l'âge à sept siècles (2). On peut également attribuer une origine très-ancienne au Rosier de la Crypte de Hildesheim ; il passe pour avoir été planté par Louis-le-Pieux ; sa tige proprement dite dépasse à peine le sol et son diamètre est de 26 centimètres ; elle émet plusieurs fortes branches de 5 centimètres d'épaisseur et qui tapissent, comme des treilles, les murs de la chapelle. Le vieux Dragonnier d'Orotava (Fig. 203) mesurerait, d'après Le Dru, 74 pieds de circonférence au niveau du sol ; mais d'après une donnée espagnole il aurait seulement 17 1/2 *varas* (38 pieds, 1 1/2 pouce anglais) de diamètre sur une hauteur de 22 *varas* ou 60 1/2 pieds ; il est certainement de beaucoup antérieur aux temps historiques, et à l'époque de la conquête espagnole il était déjà aussi fort et tout aussi évidé que de nos jours. On cite aussi le Dragonnier de *Icod de los vinos*, admirablement conservé ; il a environ 10 mètres de circonférence et son âge est fort respectable. Mais tous ces géants du règne végétal sont considérablement dépassés par les colosses (*Wellingtonia gigantea*) du comté de *Calaveras*, en Californie ; l'un d'entre eux, que l'on dit avoir été le plus grand, a été en partie transporté au palais de Sydenham dont il constitue l'une des merveilles les plus admirables : il se présente sous

(1) Voyez Schacht, *Bericht über Madeira und Tenerife*. Pl. IV.
(2) Goeppert, *die grosse Eiche bei Pleischwitz*. Bot. Zeit., 1857, p. 886.

la forme d'une colonne monstrueuse de 36 m. 39 cent. de hauteur ; au niveau du sol elle a 9 m. 72 cent. de diamètre ; et à 30 mètres celui-ci est encore de 4 m. 69 cent. : le tronc était complétement dégarni de branches jusqu'à une hauteur de 44 mètres et sa cîme atteignait une élévation totale de 114 mètres. On estime son âge, d'après les anneaux annuels de bois, qui sont relativement fort étroits, à

Fig. 203.



3-4000 ans. Mühlenpfordt cite un exemple d'un tronc dont le diamètre serait plus considérable encore ; c'est un Cyprès chauve (*Taxodium distichum*), situé au Mexique, à Santa Maria del Tule, qui aurait 124 pieds d'Espagne de circonférence sur une hauteur proportionnellement peu élevée. Les Cèdres du Liban, les Oliviers et le Sycomore

Fig. 203. Le vieux Dragonnier des jardins du marquis de Sanzal à sa villa de la Orotava à Ténériffe. A gauche est un jeune arbre de même espèce, et à droite un pied qui a fleuri trois fois.

(*Ficus Sicomora*) présentent aussi des cas de longévité fort remarquables. L'If de Braburn, dans le comté de Kent, doit être âgé de 3000 ans. D'après Adanson, les Baobabs pourraient vivre pendant 5-6000 ans, mais cet arbre grossit avec tant de rapidité et ses couches annuelles sont si épaisses que l'on conteste avec raison les évaluations qu'Adanson avait faites au Sénégal. (Un Baobab, âgé de 40 ans, qui se trouve à Santa-Cruz, avait déjà atteint 3 m. 13 cent. de circonférence).

La plupart des arbres que nous venons de citer vivent encore et aucun de ceux qui ont disparu n'est mort de sa mort naturelle. Le vieux Chêne de Pleischwitz était creux et il s'est écroulé; le même sort est inévitablement réservé au Dragonnier d'Orotava dont le cœur est également évidé : l'arbre de *Icod de los vinos* est heureusement en fort bon état. Le Rosier d'Hildesheim a été plusieurs fois incendié, mais il a constamment repoussé et il est actuellement chargé de rameaux sains et vigoureux. Le plus grand Châtaignier de Madère, situé à Campanario, est creux, mais il porte une cîme admirable et il produit chaque année une énorme quantité de fruits. Les arbres gigantesques de la Californie sont, d'après les relations et les dessins des Anglais, encore en pleine croissance. Il en est autrement des Pins de Rudolstadt et des Sapins du Wurzelberg qui sont tous peu ramifiés et dont la cîme est en partie desséchée.

Ces faits de longévité végétale, dont nous avons observé nous-mêmes la plupart des exemples, suffisent pour établir : 1° que l'arbre ne porte pas en lui-même un terme fatal assigné à sa mort; 2° que, dans certains cas, une extension considérable de la tige (*Wellingtonia*) n'est pas un obstacle à la circulation végétale; et 3° que peu d'arbres périssent d'une mort naturelle, la plupart succombant à des conditions extérieures défavorables.

En principe, les arbres et les plantes vivaces possèdent une existence illimitée; l'homme lui-même, ainsi que tous les mammifères, pourrait être immortel; mais l'expérience de tous les jours nous montre que les arbres, les animaux et les hommes doivent mourir. Lorsque l'on observe la vie des arbres, on constate un décroissement graduel des forces à partir d'un certain âge; pendant la vieillesse des mammifères et de l'homme, les fonctions se ralentissent, les forces disparaissent et la mort survient. Le décroissement sénile des forces est toujours, pour les deux règnes, la conséquence d'influences extérieures accidentelles mais qui surviennent infailliblement dans l'ordre naturel des choses, qui jettent la perturbation dans l'organisme et ralentissent le

mouvement vital ; chaque fois, l'animal ou la plante triomphe plus péniblement de ces assauts qui, se renouvelant sans cesse, finissent par l'emporter et entraînent la mort. La mort naturelle est donc la conséquence fatale d'une somme de certaines influences nuisibles venant de l'extérieur et qui, petit-à-petit, ralentissent le jeu de l'organisme et parviennent à l'arrêter.

Les vieux arbres deviennent généralement secs à leur sommet (*gipfeldurre*) ; ils dépérissent de haut en bas, parce que, par l'effet de l'âge, la nourriture absorbée par la racine ne parvient plus jusqu'aux branches supérieures.

Les maladies, auxquelles les plantes, comme les animaux, sont exposées, consistent également dans des perturbations des phénomènes vitaux provoquées par des causes extérieures. Mais un bien petit nombre d'entr'elles ont été étudiées assez soigneusement, et rapportées à leurs causes immédiates d'une manière assez certaine, pour que nous puissions connaître les moyens de les prévenir ou bien, lorsqu'elles sont déclarées, de limiter leur influence; dans bien des cas, nous sommes même hors d'état de les contenir et de les modérer.

Chaque espèce arborescente possédant un genre de vie qui lui est propre, est sujette à des maladies particulières; en effet, les influences pernicieuses n'agissent pas de la même manière sur toutes les espèces; l'action des agents extérieurs est fort variable, et telle qui est inoffensive pour une plante devient fort nuisible à une autre; ses effets varient même suivant l'âge auquel est arrivé le sujet sur lequel elles s'exercent. Une surabondance de nourriture ou, ce qui est plus commun, la privation de certaines matières alimentaires, est souvent la cause d'un état maladif; dans le premier cas, l'arbre grandit trop fortement, et dans le second, il végète avec peine. Ainsi de jeunes plants de Mélèze, élevés dans une station chaude, sont par là surexcités et poussent d'abord fort vite, mais plus tard ils deviennent débiles. Les influences atmosphériques et celles qui résultent d'un emplacement défavorable provoquent incontestablement le plus grand nombre des affections que nous présentent les plantes agricoles; la coïncidence d'une certaine période de développement avec l'action de ces agents extérieurs modifie cependant, entre de longues limites, leur mode d'influence. Des jeunes Pins, élevés sans abris, sont souvent exposés à une maladie, désignée par les pépiniéristes allemands sous le nom de *Schütte* et qui fait jaunir et tomber les feuilles; mais ils la

surmontent ordinairement et recouvrent la santé. D'après Stein (1), cette affection provient de l'abaissement nocturne de la température pendant le printemps; et, en effet, lorsque la terre n'est pas recouverte d'herbes ou d'autres plantes, elle se refroidit beaucoup pendant la nuit sous l'influence de la radiation. Celle-ci est moindre sous le couvert des grands arbres, et les semis de Pins qui se font dans ces conditions ne sont jamais atteints de cette maladie.

On s'est habitué à considérer les Champignons comme la cause de la plupart de nos malheurs agricoles. On ne peut contester que cette opinion ne soit vraie par rapport aux Ustilago et aux autres Urédinées, de même que pour l'Oidium de la Vigne, dont l'envahissement détermine toujours certaines maladies. Mais on doit reconnaître qu'on leur attribue souvent un effet pernicieux alors qu'ils sont, au contraire, la conséquence d'un autre mal. Le Champignon que l'on trouve sur la Pomme-de-terre malade (*Peronospora infestans*) ne peut, selon moi, être la cause de la maladie; il ne germe pas sur la feuille fraîche et ne saurait se nourrir des tissus sains de la plante, mais, comme toutes les Mucédinées en général, il puise sa nourriture dans la sève gâtée; il croît avec le plus d'abondance sur le bord des endroits en pourriture et meurt lorsque ceux-ci se dessèchent (2). Le Champignon de la Vigne, au contraire (*Oidium Tuckeri*) (3) germe et végète sur l'épiderme bien portant des jeunes baies et des feuilles et s'y implante au moyen d'organes particuliers (Fig. 204), qui absorbent la sève de la plante; il meurt lorsque l'épiderme se dessèche, de sorte qu'il disparaît, d'après le climat et la température, plus ou moins vite après la maturation des grappes ou la chute des feuilles. D'après ce qui précède, on peut donc considérer le Champignon de la Pomme-de-terre comme la conséquence de la maladie, et celle-ci me paraît provoquée par des changements subits de température déterminés par des perturbations atmosphériques (4). La maladie de la Vigne, au contraire, provient de l'envahissement de cette plante par le Champignon qui détruit l'épiderme; elle est tout-à-fait locale et

(1) *Annuaire de Tharand,* VIII. N. F. I., p. 208.

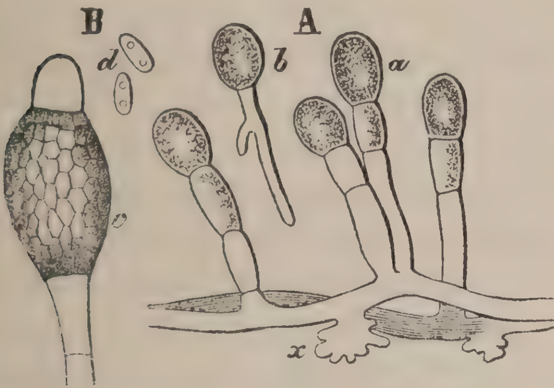
(2) Schacht, *die Kartoffel und deren Krankheiten*. Berlin, 1856.

(3) V. Mohl, *Bot. Zeit.*, 1852, p. 9; 1853, p. 585, et 1854, p. 369.—Schacht, *Madeire und Teneriffe*, 1858, p. 52-58.

(4) On sait que, d'après une autre manière de voir, le Champignon est, au contraire, considéré comme la cause déterminante de la maladie et cette opinion est encore fort accréditée. V. Ch. Morren, *Instructions populaires sur la maladie des Pommes-de-terre*. (*Note du trad.*)

l'ensemble de la plante conserve la santé. On sait que la Vigne a récemment disparu à peu près complétement de Madère, mais ce fait ne provient pas de l'*Oidium;* la Vigne a été, en quelque sorte, chassée de cette île par l'extension qu'on y a donnée, depuis 1854, à la culture de la Canne à sucre; celle-ci nécessite des irrigations qui ont à peu près noyé tous les vignobles. On attribue à la fleur de soufre le pouvoir de porter remède à la maladie de la Vigne, et l'on suppose que son action s'exerce au moyen de l'acide sulfurique (*ou plutôt de l'acide sulfureux. N. du T.*); dans cette hypothèse, il serait plus avantageux de se servir simplement d'une dissolution fort étendue de cet acide.

Fig. 204.



Les nouvelles feuilles des jeunes Sapins, rarement celles des arbres d'un certain âge, présentent quelquefois un joli Champignon, (l'*Aecidium columnare*), qui se trouve à la face inférieure des feuilles dans les deux stries longitudinales : il se présente sous l'apparence d'une pellicule d'un blanc d'argent et de forme colomnaire, qui s'ouvre à son extrémité et contient à la base une matière jaune constituant les spores. Son mycelium filamenteux et très-délicat se fait jour à travers le parenchyme inférieur de la feuille malade, et vient former à la surface de nouveaux sporanges (*Sporanläger*) (1), au moyen desquels il assure sa dissémination. Cet *Aecidium* était très-répandu, en 1852, dans une plate-bande de jeunes Sapins, située à Paulinzell, et semblait devoir être fort préjudiciable aux jeunes arbres. Les Sapins du Schwarzathal, qui s'y étaient développés spontanément, ne reçurent pas la visite de cet hôte dangereux, bien qu'on puisse le trouver sur les jeunes aiguilles des arbres âgés; on le trouve aussi quelquefois sur les feuilles de Pin, lorsqu'il est atteint de la maladie

Fig. 204. Maladie de la Vigne. *A.* Sous la forme de l'*Oidium Tuckeri,* tel que M. Schacht l'a observé à Madère : *a.* spores de l'*Oidium* prêts à se détacher; *x.* les crampons ou suçoirs du Champignon; *b.* une spore en état de germination. *B. c.* le fruit du *Cicinobolus* de la maladie de la Vigne, d'après Mohl; *d.* spores du même Champignon (*A.* est gross. 400 fois et *B.* 450 fois).

(1) Capsule ou faux-péridium des Mucédinées. (*Note du traducteur.*)

dont nous avons parlé plus haut (*die Schütte*). Une autre espèce se rencontre assez souvent sur l'Epicea.

Les Pins du Thuringer-Wald étaient menacés, il y a quelques années, par un autre parasite, le *Peridermium pini,* qui se niche dans la couche séveuse de l'écorce des jeunes rameaux. La fructification de ce Champignon proémine à la surface sous la forme d'une vésicule qui, en s'ouvrant, laisse voir au fond une couche pulvérulente d'un rouge minium et qui constitue les spores. Le mycelium de ce dangereux visiteur pénètre jusque dans le cambium et ses filaments croissent dans la couche herbacée de l'écorce; sa présence est fort préjudiciable à l'arbre et elle peut même, croyons-nous, déterminer sa mort; il se propage avec une extrême facilité au moyen des filaments de son mycelium et à l'aide d'une innombrable quantité de spores qui germent sur l'écorce, lorsque celle-ci est encore privée de son enveloppe subéreuse (1).

Les plantes maladives paraissent être plus facilement envahies par les Champignons que les plantes tout-à-fait saines; on rencontre, par exemple, très-fréquemment dans les endroits humides et dans les serres des Orangers, des Lauriers, etc., dont les feuilles ont l'épiderme recouvert d'un dépôt charbonneux consistant en une multitude innombrable de filaments articulés appartenant à des Champignons qui n'ont pas, il est vrai, comme l'Oidium, le pouvoir de se cramponner à l'épiderme. La maladie connue sous le nom de *blanc* en jardinage et qui s'attache aux pois, aux lupins, etc., provient aussi du mycelium d'un Champignon; mais ces espèces restant superficielles sont beaucoup moins nuisibles que celles qui attaquent directement les tissus sains et qui doivent par conséquent être considérées comme de vrais parasites. (2)

Le miellat est une maladie des feuilles consistant en une sécrétion de matières sucrées qui rend collante la surface de leur épiderme. Si une forte pluie ne vient pas immédiatement laver ces feuilles, elles ne tardent pas à se recouvrir de mucédinées et de pucerons, mais on aurait tort de les accuser d'être la cause du mal et ils ne viennent là que parce qu'ils y trouvent leur nourriture naturelle. L'Aune noir est

---

(1) V. Schacht, procès-verbal de la sixième réunion des forestiers de la Thuringe. Sondershausen, 1856, p. 44-46. Je ne saurais dire si l'apparition de cette espèce a été seulement momentanée et si elle ne ravage pas encore les Pins de Thuringer-Wald.

(2) Voyez de Bary, *Recherches sur les Urédinées*. Berlin 1853.—Tulasne, *sur l'Ergot du Seigle, sur les Urédinées,* etc. Annal. des sciences nat., 1853 et 1854.

le plus sujet à cette espèce de diabète, ses feuilles et ses jeunes pousses laissent déjà suinter à l'état normal un liquide visqueux, d'une saveur douce-amère, et quand il est atteint du miellat il ne souffre que de l'exagération de cette sécrétion qui peut aller jusqu'à l'épuiser de ses principes nutritifs solubles. Le Tilleul, l'Erable et le Rosier sont souvent attaqués de la même affection : elle est rare chez le Chêne et le Hêtre, et complétement inconnue chez les Conifères. Le miellat paraît être produit par l'effet des nuits froides qui succèdent à de chaudes journées ; il consiste dans la perturbation de l'activité chimique des cellules qui sécrètent sous la forme de sucre et d'autres principes solubles, les matières qui à l'état normal devraient servir à la nutrition du végétal.

Les Noix de Galles et d'autres excroissances pathologiques que l'on trouve sur les feuilles et les branches, sont des hypertrophies du tissu cellulaire provoquées par la piqûre que font des insectes en déposant leurs œufs dans le parenchyme des végétaux. La forme de ces Noix de Galles varie sur le même arbre avec l'espèce de l'insecte dont la piqûre a provoqué le gonflement. Les Noix de Galles sphériques du Chêne sont produites par des *Cynips* ; les petites verrucosités coniques que l'on remarque souvent sur la face supérieure des feuilles de Hêtre sont le fait d'une espèce de diptère (Pl. III. Fig. 24 *x*. et 40). Un puceron, le *Chermes abietis*, occasionne fréquemment à l'extrémité des jeunes pousses d'Epiceas des renflements racémiformes qui ressemblent assez à une Framboise jaune. Ces insectes ne font d'ailleurs que des dégâts insignifiants.

Les forêts ont beaucoup plus à craindre des chenilles et des coléoptères qui ravagent quelquefois des étendues considérables de bois. Les chenilles de quelques papillons, par exemple du Bombix du Pin (*Bombyx pini*) (1), du *Bombyx monacha*, du *Noctua piniperda* et surtout du *Bombyx processionea* dont la réputation est déplorable, sont pour les forêts des ennemis d'autant plus dangereux qu'ils les envahissent souvent en troupes considérables.

La noctuelle a notamment fait en 1859 de grands ravages dans la plupart des bois des environs de Berlin, entre Cœpenik et Erkner. Presque tous les arbres étaient morts avant l'automne, et ceux qui avaient été un peu épargnés et qui avaient survécu jusque-là, ne

(1) Ratzeburg, *die Waldverderber*, nouvelle édition. Berlin 1860. *Die Forstinsecten* du même. Këning, *die Waldpflege*, nouvelle édition de Grebe. 1859.

pouvaient manquer de périr au printemps suivant, puisque par la perte de leur feuillage, ils avaient été dans l'impossibilité d'élaborer les matières nutritives indispensables pour suffire à leurs premiers besoins pendant le développement d'une végétation nouvelle. En pareil cas, quelques observations microscopiques pourraient être d'une grande utilité pratique en donnant des indications sur les arbres qu'il convient d'abattre immédiatement, sans attendre qu'ils soient complétement morts. En effet, lorsqu'un arbre meurt de lui-même, son bois n'a qu'une valeur fort minime; il s'opère dans les cellules séveuses de ses rayons médullaires une altération chimique, une sorte de décomposition qui serait prévenue par un abattage et un écorçage pratiqués à temps. Le bois des Pins qui sont morts à la suite d'une invasion de chenilles, se reconnaît à des taches noires qui se forment dans les rayons médullaires. Les arbres qui se relèvent d'une attaque de chenilles restent faibles pendant plusieurs années, et ne portent que fort peu de graines, d'après les observations de Ratzeburg.

Chaque espèce d'arbres nourrit, en général, un certain nombre d'animaux et de plantes. D'après Ratzeburg, le Pin abriterait à lui seul plus de quatre cents espèces d'insectes; la plupart d'entre eux sont fort nuisibles au bois, notamment ceux qui vivent aux dépens des tissus vivants, comme les xylophages qui se nichent dans la zone génératrice et dans la couche herbacée de l'écorce. Tels sont le *Bostrychus typographus* de l'Epicea et le *B. stenographus* du Pin, qui creusent de larges galeries dans le jeune tissu cellulaire, et déterminent ainsi la mort de l'arbre. Les xylophages attaquent de préférence les arbres malades ou fraîchement abattus, de sorte que c'est une précaution bonne à prendre que de les emporter loin du bois le plus tôt possible ou bien de les écorcer rapidement. Les forestiers allemands se débarrassent d'une grande quantité de ces hôtes dangereux au moyen de ce que l'on nomme des arbres-trappes (*Fangbaume*), sur lesquels on les laisse à loisir déposer leurs œufs, mais dont on enlève et dont on brûle ensuite l'écorce.

L'*Hylesinus piniperda* est l'un des ennemis les plus terribles du Pin ; il attaque de préférence les arbres qui croissent sur la lisière, et il ne s'enfonce pas volontiers dans l'intérieur des forêts. On voit près de Newstadt-Eberswalde des Pins dont cet insecte a détruit la flèche de la manière la plus singulière. Il a été étudié avec le plus grand soin par Ratzeburg, qui a fait d'ailleurs tant de recherches remarquables sur les insectes nuisibles des bois. Il a constaté que l'animal parfait se

cache près du collet des vieux Pins, depuis le mois de novembre jusqu'en mars; il prend son vol au mois d'avril et dépose ses œufs sous l'écorce au mois de mai. La larve accomplit ses métamorphoses au mois de juillet, et en août les jeunes insectes se mettent à ronger l'extrémité des branches pour se nourrir au moyen de leur moëlle; mais ces rameaux se dessèchent et tombent, et l'insecte avec eux, circonstance dont il s'empresse de profiter pour aller prendre ses quartiers d'hiver et se préparer à une nouvelle campagne de dévastations.

La vie des insectes utiles n'est, d'ailleurs, pas moins intéressante que celles de ces ravageurs de forêts. Parmi eux, il convient de citer en premier lieu, les ichneumons qui vivent, en général, en parasites sur les chenilles et les larves : on doit ranger dans la même catégorie les fourmis, les araignées et les pentatomes ou punaises de bois qui détruisent bon nombre d'insectes. Parmi les oiseaux, les pics qui grimpent le long du tronc pour chercher les insectes sous leur écorce, et parmi les mammifères, le hérisson, la taupe et le putois sont d'utiles auxiliaires pour l'homme et doivent être conservés dans les bois. Les sangliers fouillent la terre à la recherche des larves de hannetons et d'autres lamellicornes. Au contraire, parmi les hôtes des forêts, le cerf et le daim sont la cause de quelques dégâts ; ils arrachent les jeunes plants et rongent les écorces; le chevreuil partage ces mauvaises habitudes, de même que le lièvre dont il faut surtout se défier en hiver, alors que la nécessité le force à ne pas dédaigner les jeunes arbres. L'écureuil se nourrit des graines forestières et va les chercher jusque dans nos semis ; lorsqu'en hiver, il est en défaut d'autre nourriture, il mord dans les jeunes pousses des Sapins et des Epiceas. Les rats et les souris doivent aussi être rangés dans la catégorie des animaux nuisibles.

La plus grande et la plus intéressante des plantes parasites de nos arbres est le Gui (*Viscum album*) (1), qui s'implante sur les Conifères comme sur la plupart des angiospermes (Fig. 205, 206, 207, 208 et 209). Je l'ai vu sur le Pin, près de Berlin, sur le Sapin dans le Schwarzathal, sur l'Erable et les arbres fruitiers près de Jéna et aux environs d'Aix-la-Chapelle, sur le Bouleau près de Newstadt-Eberswalde, sur le Peuplier noir et l'Acacia à Frankenfelde dans l'Oder-

---

(1) Schacht. *uber Schmarotzergewachse und deren Verhalten zur Nährpflanze.—Beitrage zur Anatomie und Physiologie*, p. 172-181.—*Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewachse* II. p. 465.

bruche. Le Gui forme de grands buissons toujours verts; il enfonce



Fig. 205, 206, 207, 208 et 209.

Fig. 205 (7). Coupe transversale d'une graine mûre de Gui : *a*. l'albumen ; *b*. et *b*. deux embryons ; *c*. un cotylédon de l'un d'eux (gross. 8 fois).

Fig. 206 (8). Un Gui (*B*) de 3 ans fixé sur un rameaude Sapin (*A*) dont l'écorce a été enlevée pour étudier la marche des racines du parasite (grand. natur.).

sa racine à travers l'écorce jusqu'au bois de l'arbre sur lequel il s'est fixé, et se nourrit en partie aux dépens de la sève de cet arbre, en partie au moyen de ses propres feuilles et de son écorce verte; sa racine traverse, d'ailleurs, l'écorce du sujet et c'est dans le bois qu'elle s'implante. De là vient que les Guis provoquent souvent sur les arbres des renflements semblables à ceux qui se forment sous les Balais de sorcières. J'ai vu dans le Rauhthal, près de Jena, un viel Erable déformé de la manière la plus singulière par des Guis : toutes ses branches étaient noduleuses et comme rachitiques, et les Guis qui avaient déterminé ces tubérosités étaient morts pour la plupart et avaient même disparu depuis longtemps. Les oiseaux qui se nourrissent de baies, se chargent de disséminer, à de grandes distances, la graine du Gui ; celle-ci germe toutefois sans que leur intervention soit indispensable et même quand elle est encore renfermée dans l'intérieur du fruit, mais dans cet état elle ne saurait s'attacher à une branche.

Au contraire, la graine y est solidement fixée, quand elle se trouve mélangée aux excréments des oiseaux, et c'est là ce qui a donné lieu à cette croyance erronnée qui suppose que, pour germer, les graines de Gui doivent absolument passer par l'estomac des oiseaux. Le Gui pousse très-lentement et ne développe chaque année qu'un seul mérithalle muni de deux feuilles opposées; il se multiplie au moyen des graines et par des jets émis par sa racine et qui se font jour à travers l'écorce : ce phénomène s'observe notamment quand un vieux Gui a été brisé, de sorte que, pour l'extirper, il faut absolument sacrifier la branche dont il a pris possession. Le *Loranthus,* voisin du Gui, croît sur les Chênes en Autriche.

Un très-grand nombre de plantes inférieures vivent aux dépens des produits de la décomposition des bois et des écorces. C'est ainsi que l'on rencontre dans le creux des vieux arbres toute une armée de Champignons et sur leurs écorces des Lichens, des Mousses et des Hépatiques. Ces végétaux ne rendent pas l'arbre malade, mais ils sont

Fig. 207 (9). Un Gui (*B*) de quatre ans, également sur le Sapin (*A*). Les racines de Gui courent entre l'écorce (*a*) et le bois, et ses suçoirs pénètrent même dans le bois du Sapin (grand. nat.).

Fig. 208 (10). Coupe transversale d'une branche de Sapin (*A*) qui sert depuis 7 ans de support à un Gui (*B*): *a*. l'écorce du Sapin ; *a'* l'écorce du Gui ; *y*. une racine du Gui, qui réunit les suçoirs l'un à l'autre (grand. nat.).

Fig. 209 (11). L'extrémité d'un rameau de Gui qui, entre deux jeunes pousses, porte trois petites baies (grand. nat.)

plutôt un indice de son état maladif. Dans plusieurs endroits du Thuringer-Wald, le Mélèze réussit très-bien jusqu'à l'âge de 20 ans, et pendant ce temps les Mousses le respectent, mais passé ce terme, le même arbre se porte moins bien et il est aussitôt envahi par les longs filaments blancs de ces Lichens qui constituent le genre *Usnea*. Les arbres qui vivent dans des stations humides ou moites sont ordinairement très-moussus à leur surface; ceux dont l'écorce est rude et déchirée portent un nombre beaucoup plus grand de cryptogames que les espèces à écorce lisse : cela vient de ce que l'humidité de la pluie et de la rosée se rassemble dans les crevasses de cette écorce, détermine une certaine décomposition et prépare ainsi le sol qui est nécessaire au développement des plantes et des animaux inférieurs. Dans les vallées des bois humides de Madère et de Ténériffe, les Mousses et les Hépatiques prospèrent on ne peut mieux en compagnie des Lycopodiacées et des Fougères; les rhizomes du *Davallia canariensis*, fougère d'une grande élégance, grimpent en serpentant le long des tiges de vieilles Laurinées, comme chez nous une autre Fougère, le *Polypodium commune*, aime à se nicher dans la tête des Saules pourris où l'on trouve d'ailleurs avec elle une flore souvent fort nombreuse.

Les bois morts sont exposés à deux modes de décomposition : la putréfaction humide (*Rothfaule*), et la putréfaction sèche (*Weissfaule*), qui le transforme en une masse blanche et friable. La décomposition humide est probablement un état plus avancé de la putréfaction du cœur (*Kernfaüle*), c'est-à-dire de la mort et de la décomposition qui procèdent de l'intérieur dans les vieux arbres, tandis que la putréfaction sèche se manifeste plus ordinairement à l'extérieur, à la suite des blessures par exemple. Les produits qui résultent de cette décompotion sont un peu différents de ceux de la première, parsuite de l'influence de l'air et de la lumière. Cette décomposition est, comme presque tous les phénomènes analogues, accompagnée de Champignons; ceux-ci provoquent même des fissures dans les endroits qui présentent le moins de résistance, comme les rayons médullaires et la limite des anneaux annuels. Le bois de Marronnier, quand il est pourri, a perdu presque toute sa matière ligneuse, et ce qui reste se colore en bleu sous l'influence de l'iode et de l'acide sulfurique, comme tous les tissus cellulaires. La plupart des Champignons qui attaquent les bois ne fructifient pas et sont, par conséquent, d'une détermination fort incertaine.

Une bonne administration forestière doit accorder une égale atten-

tion à tous les phénomènes qui touchent à la vie des arbres et étudier chaque espèce en particulier : elle doit les entourer des conditions extérieures les plus favorables, faire choix d'un bon terrain, dans une station convenable par rapport à l'altitude, au climat, à l'humidité, etc. ; elle doit, en outre, ne pas négliger la question de l'aménagement. L'étude des arbres est le point principal de l'art forestier, car, pour bien cultiver un bois, il est indispensable de connaître à fond la vie de toutes les espèces qui le composent.

X.

La forêt et sa vie.

Toutes les plantes sociales donnent, lorsqu'elles occupent une certaine étendue de territoire, une physionomie particulière au paysage. La répartition et la dissémination des végétaux dépendent d'ailleurs, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, jusqu'à un certain point, du sol, de la station, en un mot de cet ensemble de conditions extérieures qui constituent le climat. Ce sont ces caractères qui impriment à chaque contrée ses traits principaux, que le tapis végétal vient seulement colorer. Un pays plat et étendu produit une toute autre impression qu'un territoire montagneux, entrecoupé de vallées étroites ; l'un permet à l'œil d'errer sur un immense horizon dont aucun accident ni aucune limite ne viennent interrompre l'uniformité, tandis que, dans les pays montagneux, le regard se porte de la montagne dans la vallée et du ruisseau sur la colline, s'il n'est pas emprisonné dans une gorge étroite par les flancs escarpés des rochers.

De même que les plaines sont monotones en elles-mêmes, elles sont de même couvertes d'une végétation très-peu variée. On trouve, en général, chez nous, dans le voisinage des fleuves, des prairies naturelles, des terres cultivées, des champs de blé, des terrains humides et marécageux, des landes ou des sables arides. Des Saules et des Aunes s'élèvent sur les terres humides ; de hauts Peupliers bordent les chaussées ; dans ces vastes espaces stériles, couverts de bruyères, que l'on nomme des landes, c'est une agréable surprise de rencontrer de temps en temps de petits bois de Bouleaux et de Pins qui produisent un heureux changement. Partout dans la vallée, on reconnaît l'empreinte de la main de l'homme : les Peupliers des routes, les Saules



Chêne

et les Aunes des terrains bas et humides et jusqu'aux Pins des landes ont été plantés par lui ; il laboure les champs et il fauche la prairie ; çà et là apparaissent ses villes et ses villages avec leurs toits couverts de tuiles rouges, de chaume ou de bardeaux, et leur ceinture d'arbres fruitiers ; ses chemins de fer sillonnent la campagne.

Cependant le sol s'élève, des collines apparaissent et des montagnes même surgissent ; les vallées qui les séparent sont entrecoupées de fleuves et de rivières qui fertilisent sur leurs bords des champs et des prés ; arrosées par eux, les prairies verdissent et les moissons dorent la campagne. Les terres arables s'étendent parfois jusqu'à une certaine hauteur sur le penchant des montagnes qui s'élèvent en pente douce et dont le sommet reste couvert de bois. Les montagnes de hauteur moyenne sont, sous notre climat, le véritable domaine des forêts.

Il est vrai que ces forêts sont elles-mêmes plantées par la main de l'homme, comme elles sont abattues par elle pour se relever encore. La coupe des taillis se fait, en moyenne, après un intervalle de 12 à 20 ans ; l'aménagement d'une futaie est d'un siècle ou plus encore. Chaque année on sème et l'on moissonne les champs ; aussi la forêt sert-elle de refuge à maintes plantes herbacées ou frutescentes que le cultivateur besogneux extirpe et chasse de ses terres comme de la mauvaise herbe.

es prairies et les terres arables sont composées de végétaux herbacés qui vivent en société. Ce sont aussi des plantes sociales qui constituent les taillis, mais celles-ci sont ligneuses. Le taillis (*Niederwald*) se compose d'arbrisseaux, le haut-taillis (*Mittelwald*) d'arbustes et d'arbres, la haute futaie (*Hochwald*) d'arbres à troncs élevés, à l'ombre desquels les arbustes ne sauraient croître, lorsqu'ils sont suffisamment rapprochés.

Le taillis ne comprend jamais de grands arbres ; il est homogène ou bien mélangé, et il sert, suivant les espèces dont il est composé, à la production de fagots ou de perches ; il donne, en outre, lorsqu'il consiste en chênaie (taillis de chêne), de l'écorce pour la tannerie. On l'exploite après une période qui varie entre 10 et 20 ans. On choisit de préférence pour composer les taillis, ces espèces d'arbres qui forment des cépées de tige ou de souche et on laisse lors du récépage les souches et les racines dans le sol, afin qu'il en naisse un nouveau taillis. Pour son peuplement, on emploie des essences appropriées à la constitution du sol et aux autres conditions locales. Les Conifères qui n'émettent de cépée ni sur leur tige ni sur leurs racines, ne peuvent

être cultivés en taillis : un bois de Pins, par exemple, n'est jamais un taillis proprement dit ; c'est plutôt une plantation (*Bestand*) ou ce qu'on appelle un fourré (*Schonüng*). Les Bouleaux, les Chênes, les Coudriers et les Aunes noirs donnent le plus facilement des rejets de tige ; ils développent un grand nombre de bourgeons adventifs sur leurs tiges, mais par contre ils ne sont pas prédisposés à émettre des rejets sur leurs racines ; on coupe leur cépée, pour en faire des fagots, à un pied environ au-dessus du sol. Le Tremble, l'Orme, le Tilleul, le Charme (1) et l'Erable produisent, au contraire, facilement et abondamment des rejets de racine. Le Peuplier-Tremble pousse, lorsque les circonstances sont favorables, sur toutes ses jeunes racines, des bourgeons caulinaires dont on peut former un taillis ou que l'on peut élever en hautes tiges. Le Saule émet aussi bien des cépées de tige que de racine ; les premières servent, comme on sait, aux tonneliers à faire leurs cercles. En général, les plus jeunes racines encore remplies de sève des arbres que nous avons cités en dernier lieu, donnent des rejets plus forts que leurs anciennes racines déjà plus ou moins subérifiées. Ainsi s'explique, d'après Pfeil (2), la coutume d'arracher du sol les vieilles souches du Peuplier-Tremble avec les grosses racines et d'abandonner à leur sort les jeunes racines qui produiront infailliblement de nouvelles tiges. Ces racines sont tellement vivaces que l'on voit souvent, après certaines coupes forestières, apparaître toute une végétation de jeunes Trembles, alors qu'il n'en existait pas un seul avant l'abattage : ce sont de vieilles souches abandonnées qui, bien que dépourvues de branches et de feuillage, se sont conservées vivantes sous le sol (3).

Le Charme, le Bouleau, le Noisettier et le Chêne recouvrent, sous forme de taillis, la plupart des montagnes de la Thuringe, montagnes rocheuses et pourvues d'une couche de terre de peu d'épaisseur. Leur fraîche verdure, en se mariant au printemps avec la couleur dorée des genêts (*Spartium scoparium*), embellit les rochers crénelés de la romantique vallée noire (*Schwarzathale*) ; dans les clairières et sur les lisières la Ronce des bois croît avec une luxuriante abondance. Les jeunes taillis de Chêne sont écorcés, lorsqu'ils ont atteint des

(1) D'après Pfeil, car je ne me souviens pas d'avoir jamais remarqué de rejets sur les racines du Charme.

(2) Pfeil, *Kritische Blätter. Bd.* XX. *Heft*, 1. p. 225.

(3) Ce fait est un nouvel argument contre la théorie de la cicatrisation de Goeppert (*Ueberwallungstheorie*).

dimensions suffisantes : cette opération se fait au printemps ; les jeunes tiges dépouillées de leur écorce persistent souvent jusqu'en automne, pendant que de nouveaux rameaux se forment déjà sur la souche. Le taillis améliore le sol par la chute de ses feuilles en automne, et il forme souvent des fourrés impénétrables. Une ancienne souche de Chêne émet souvent d'innombrables branches ; si on les coupe toutes, excepté une, celle-ci recevant seule toute la nourriture puisée dans le sol par la souche, végète avec une vigueur extraordinaire et devient un arbre à haute tige.

Le haut-taillis n'a pas d'époque déterminée pour son exploitation ; il consiste généralement en essences de diverses espèces. On abat successivement les troncs les plus forts à mesure qu'ils donnent trop d'ombre et on laisse croître les pieds plus jeunes. Le haut-taillis produit ordinairement des bois légers. Ce mode d'aménagement est, suivant Pfeil, très-avantageux pour les petits propriétaires terriers, mais il est fatal aux grandes forêts publiques ; il convient surtout quand la profondeur du sol n'est pas suffisante pour admettre la futaie, ou bien quand on pourrait craindre de ne pouvoir reconstituer une nouvelle forêt, si l'on venait à détruire celle qui existe (par l'abattage, le récépage et la coupe). Lorsqu'on ne fait qu'abattre des arbres isolés, couper des fagots, le haut-taillis, bien exploité, ne présente jamais de clairières et pourvoit tous les ans aux besoins du propriétaire, alors que la futaie ne lui donnerait un revenu qu'une seule fois sur 80 ou 120 années. On y cultive à peu près les mêmes espèces que celles qui grandissent dans les taillis ; il est rarement repeuplé au moyen de plantations, mais il est le plus souvent entretenu par les cépées des tiges et par l'ensemencement naturel. Il peut d'ailleurs, dans certaines circonstances, se transformer en futaie, lorsque les sous-bois (*Unterholz*), c'est-à-dire les arbres jeunes et peu élevés, et les arbustes, s'affaiblissent et meurent sous l'ombre des grands arbres. Le Bouleau, qui exige beaucoup de lumière, pousse très-mal en sous-bois. — L'herboriste est presque toujours assuré de faire une riche récolte dans les hauts-taillis ; des fraises, des mûres et des myrtilles, ainsi que des fleurs de toute espèce, croissent entre les arbres, et le sol est, en outre, couvert d'un tapis épais de plantes herbacées et de mousses.

La futaie ou la forêt proprement dite, se compose d'arbres à haute tige ; on la distingue suivant que les arbres sont espacés (*ein lichte Bestand*) ou qu'ils sont serrés (*ein geschlosse Bestand*), suivant qu'elle est homogène ou bien mixte. Une futaie claire est une sorte de transi-

tion vers le haut-taillis : les arbres de haute futaie y sont à une certaine distance les uns des autres, de sorte que quelques sous-bois parviennent ordinairement à pousser dans les intervalles. Mais lorsque la forêt est serrée, tous les arbres ont à peu près les mêmes dimensions ; les tiges plus faibles périssent, étouffées par le manque de lumière. Dans les futaies les plus compactes, il n'y a même pas de broussailles ni de végétaux herbacés : ils sont relégués sur les lisières où ils croissent de compagnie avec les fraisiers, les airelles et les ronces : quelquefois, lorsque la nature des arbres le permet, des Hépatiques, des Mousses frondifères et des Fougères pénètrent plus avant dans l'intérieur. Pour cultiver avec avantage une futaie mixte, on doit choisir des espèces dont la végétation est relativement la même ou bien leur associer des essences qui peuvent supporter un peu d'ombre. Ainsi le Hêtre croît très-bien à côté du Sapin, bien que celui-ci le dépasse en hauteur ; l'Epicea et le Sapin se conviennent parfaitement ; au contraire, le Bouleau et le Pin s'affaiblissent sitôt que d'autres arbres les couvrent de leurs ombres. Les arbres s'entraînent, pour ainsi dire, les uns les autres pendant leur allongement dans les plantations serrées. Le Charme qui, dans les emplacements libres, se laisse dépasser par le Hêtre, s'élève à la même hauteur que lui s'ils sont serrés l'un contre l'autre. Le Hêtre acquiert l'élévation et le tronc colonnaire de l'Epicea et du Sapin, s'il pousse dans leur voisinage immédiat. L'époque de l'exploitation des futaies diffère suivant le peuplement et d'après les circonstances ; toutefois elle ne varie guère qu'entre 80 et 150 ans.

Les futaies homogènes paraissent être toujours le résultat d'un peuplement artificiel. Les forêts, fort rares d'ailleurs, qui existent en Allemagne sans avoir été ensemencées et qui n'ont été que peu ou point du tout cultivées, présentent toujours la réunion d'arbres à feuilles larges et de Conifères. On a, par suite de cette observation, cherché dans ces derniers temps à donner plus d'extension aux futaies mixtes.

Des Pins (*Pinus sylvestris*) de plusieurs espèces différentes constituent des futaies homogènes dans le parc de Rudolstadt. Ces arbres sont âgés, d'après le dénombrement exact de leurs couches annuelles que nous avons vérifiées nous-mêmes, au moins de 280 à 300 ans. D'après ce que nous a rapporté M. V. Holleben, on y a abattu, il y a quelques années, des troncs de 45 mètres de hauteur sur un diamètre de 95 centimètres à hauteur de poitrine. Les arbres sont assez espacés les uns des autres, leurs troncs dépourvus de branches jusqu'à une

hauteur de 24 mètres environ, sont surmontés d'une cîme large et en forme de coupole. Ces Pins sont magnifiques et il n'en existe qu'un bien petit nombre de semblables en Allemagne. Lorsqu'on les examine sur une coupe transversale, on reconnaît que les couches annuelles formées pendant leurs quatre-vingt premières années sont très-étroites; celles qui suivent se montrent brusquement beaucoup plus larges, mais les plus extérieures, déposées pendant leur dernière centaine d'années, sont de nouveau fort minces et même plus étroites que celles des 80 premières années : on ne parvient à les compter qu'à l'aide de la loupe et sur une surface lisse et polie. On doit peut-être attribuer la faiblesse des 80 premières couches à ce que la plantation aurait été fort serrée pendant cette période et ensuite subitement éclaircie ; et ce qui vient corroborer cette supposition, c'est que l'on constate souvent sur les troncs abattus des plaies cicatrisées remontant à cette époque et qui paraissent provenir de coups de cognée à hauteur d'homme. Bien que ces arbres ne croissent plus d'une manière sensible, ils paraissent être encore en parfaite santé. Entre eux existent quelques Chênes petits et très-faibles, et le sol est entièrement couvert de myrtilles. Chaque année, on abat un grand nombre de ces vieux arbres, de sorte qu'il est à craindre qu'ils auront tous disparu d'ici à peu de temps. Il en a été de même des Pins de la forêt de Schwarzbourg. — Les vieux Pins du Hauptsmoor, près de Bamberg, sont célèbres et fort estimés pour en faire des mâts : leurs troncs s'élèvent verticalement droits comme des joncs et sont ébranchés jusqu'à une hauteur de 21 à 24 mètres; ils ressemblent sous le rapport de la croissance aux Pins de Rudolstadt, bien qu'ils ne les égalent pas tout-à-fait en force, ni probablement en âge. La plupart des arbres les plus vieux ont ici aussi déjà disparu, cependant l'administration des forêts, dans le but de conserver des tiges de même hauteur et de même force, laisse subsister à chaque coupe, à quelque distance les unes des autres, les tiges les plus belles et les plus élancées; elles forment la réserve et fourniront dans la suite d'excellents mâts dits hollandais. Certaines parties du Hauptsmoor, avec ses superbes Pins de 30 à 40 ans, dont la cîme arrondie s'élève au-dessus des autres végétaux, font penser aux forêts tropicales dont les Palmiers, aux stipes élancés, dominent les taillis et les arbustes. On voit, en passant sur le chemin de fer de Nuremberg, sur la rive droite du Mein, des Pins d'un âge et d'une culture semblables. Le fond du Hauptsmoor est sablonneux à la superficie et le sous-sol est du limon (argile).

On rencontre, près de Schwarzbourg, sur la route de Trippstein, des hautes futaies de Sapins (*Abies pectinata*), d'une beauté toute particulière; ils sont âgés de 100 à 130 ans; leurs tiges sont droites et serrées les unes contre les autres comme les mâts d'une flotte nombreuse et compacte; c'est à peine si l'on découvre une trace de mousse sur leur écorce blanche et lisse; ils sont dégarnis de branches jusqu'à une hauteur considérable et leur ramification horizontale et étendue forme une cîme en forme de dôme. Le Schwarzathal présente en très-grand nombre des Epiceas et des Sapins entremêlés et d'une fort belle croissance. Le Sapin est d'ailleurs le prince des arbres verts de notre région et il est devenu le symbole de la puissance; aucun autre arbre de notre pays ne l'égale en hauteur ni en vigueur. On voit également près de Baden-Baden et dans la Forêt-Noire des bois de Sapins purs ou mélangés, d'un mérite supérieur.

Les forêts d'Epiceas (*Picea vulgaris* Link) du district de Katzhütte, dans la principauté de Schwarzburg-Rudolstadt, sont fort remarquables; les bêtes sauvages, qui à présent ont disparu, leur ont toutefois fait subir jadis des dommages considérables. Ces arbres sont âgés de 100 à 150 ans, leur hauteur est considérable et leur tronc, d'un très-fort diamètre, supporte une cîme conique et terminée en pointe; leurs branches et leur rameaux persistent sur la tige beaucoup plus bas que chez le Sapin; l'Epicea n'ombrage pas les branches inférieures autant que ce dernier et les conserve par conséquent pendant une plus longue durée.

L'Epicea royal, du district de Nesselgrund, en Silésie, est probablement le plus vieil arbre de cette espèce qui existe dans les forêts allemandes. Il se trouve au milieu d'une plantation assez jeune d'Epiceas qu'il domine d'une hauteur considérable. Cet arbre a été observé attentivement par Ratzeburg (1); sa hauteur, mesurée avec un dendromètre, s'élève à 49 mètres environ; sa tige, à 15 centimètres au-dessus du sol, présente une circonférence de 6 m. 87 cent., laquelle descend à 4 m. 12 cent., à la hauteur de 1 m. 25 cent. La tige est droite et élancée, elle s'amincit successivement en s'élevant et elle est dégarnie de branches jusqu'à une hauteur de 12 1/2 mètres. Elle doit contenir, d'après un calcul approximatif, environ 11 voies de bois (de 72 pieds cubes) et les branches en donneraient, d'après Ratzeburg, encore 2 de plus, de sorte que l'Epicea royal pourrait fournir en tout

(1) Ratzeburg, *Forstnaturwissenschaftliche Reisen*, p. 287.

13 voies de bois. On sait que le rapport du Sapin est beaucoup plus considérable.

Les plus belles et les plus anciennes plantations d'Epiceas que j'ai vues sont celles du Stellerwald, près de Kaufbeuren, en Bavière, et celles du district de Sachsenried, où le sol consiste en une couche superficielle d'une épaisseur de 45 centimètres. Cette terre ne contient pas de sable, mais du calcaire et beaucoup d'humus et elle repose sur un sous-sol de calcaire gompholitique. L'Epicea croît fort bien dans ces conditions tant à l'état pur que mêlé à du Bouleau. La vigueur et l'âge de cet arbre, ainsi que ses dimensions, sont très-variables dans les forêts communales, mais dans les domaines royaux, l'Epicea se fait remarquer par la longueur et la puissance de sa tige : âgé de deux siècles, il sait encore élaborer chaque année sa nouvelle couche de bois, et nous avons vu des zones d'une largeur extraordinaire sur quelques troncs fraîchement abattus qui n'avaient pas encore été débités. Deux hommes embrassaient avec peine les troncs les plus forts de cette plantation, mais d'après ce que nous a dit le garde forestier cantonal, M. Heindl, on doit abattre les troncs de 1 m. 90 cent. de diamètre (au-dessus de la racine) sur 47 à 50 mètres d'élévation. D'après les registres forestiers, il n'est pas rare de voir une hauteur de 36 à 40 mètres et un diamètre de 5 à 7 décimètres au milieu de la hauteur. Ces arbres sont en parfaite santé, sans dégradations de gibier, sans écoulement de résine et sans lichens ; leur port est tout-à-fait normal, la cîme étant partout conique ou pyramidale. Lorsque la plantation est serrée, ils sont dépourvus de branches jusqu'à une grande hauteur et leurs chicots ont, en général, disparu comme pour les vieux Pins. Lorsque l'Epicea est espacé, au contraire, il garde ses branches jusqu'à la racine, mais son allongement a diminué parsuite de cette circonstance. Les souches des Epiceas abattus depuis fort longtemps pourrissent dans la forêt actuelle et souvent ont produit la génération nouvelle; aussi n'est-il pas rare de voir d'énormes racines étalées sur le sol, comme dans le Wurzelberg et le Lindigforst où l'on voit, en outre, de jeunes Epiceas germer sur des souches de Sapin, tandis qu'ici ils s'élèvent sur leurs propres débris. On rencontre aussi des souches trop faibles pour repousser, mais qui ont conservé assez de vitalité pour se cicatriser et se recouvrir (*uberwallen*), quand même il n'existe aucun Epicea debout dans un rayon de plus de 9 mètres : ce bois de recouvrement (*Ueberwallungsholz*), formé après la coupe de la tige, se sépare aisément de l'ancien bois dont il diffère essentiellement

par sa dureté et par ses madrures. Je ne vis nulle part des tiges pourries; le chablis cause ici beaucoup de dommages et le poids de la neige brise en hiver les jeunes Epiceas. Dans les plantations bien serrées, le sol est recouvert d'une couche moussue verdoyante et d'un grand nombre d'Oxalis (*Oxalis acetosella*), d'Asperules (*Asperula odorata*) et d'autres petites herbes ; là où les arbres sont clair-semés la Myrtille prend possession du sol ; aux bords des chemins, fort bien entretenus, la Ronce des bois étale ses riches festons, et la fraise rubiconde se présente d'elle-même pour rafraîchir le botaniste. — Le district de Saxe (*Sachsenried*) se trouve à une altitude supramarine de 722-880 mètres; la végétation forestière y est favorisée d'une manière toute spéciale par l'excellence du sol et à la faveur d'une situation abritée par les Alpes bavaroises. L'exploitation s'y fait partie en coupe nue, partie en coupe sombre (*Dunkelhieb*). Les forêts particulières sont en Bavière placées sous la juridiction de l'administration royale des forêts. La fenaison était déjà passée lorsque nous avons visité cette région (14 août 1853).

Les vieilles plantations de Mélèze (*Larix europaea*) qui existent près de Schwarzburg, sont en mauvais état ; leurs tiges affaiblies sont souvent courbées en arc de cercle et les branches sont envahies par des lichens. Le Mélèze se développe, dans le Schwarzathal, avec une vigueur extraordinaire jusqu'à 20 à 25 ans, sans que sa tige ni ses branches montrent une trace de mousse ou de lichen, mais passé cette période il végète plus faiblement et se rabougrit. Il faut au Mélèze des contrées montagneuses plus froides où il se transforme en un arbre élevé et puissant. Dans le Hauptsmoor de Bamberg, on rencontre déjà une plantation de Mélèzes peu étendue mais très-vigoureuse : ces arbres sont âgés de 120 à 150 ans; leurs tiges atteignent parfois 35 mètres de hauteur et sont ébranchées sur une longueur de 20 à 25 mètres. Les plus forts ont un diamètre de 48 à 50 centimètres. Les hautes montagnes sont le domaine habituel du Mélèze, où il atteint une hauteur considérable.

Le Pin-Pignon (*Pinus pumilio*) ne forme des forêts que sur les parties plus élevées et les plus froides des montagnes. On ne le rencontre dans le Thuringer-Wald qu'à l'extrémité de l'Isselberg où il constitue des buissons de 1 m. 50 cent. à 2 m. 50. cent. de hauteur d'une forme déchiquetée, irrégulière et dont les rameaux couchés sur le sol partent du collet même de la racine. Le Pin-Pignon se présente, en général, aux endroits où les autres Conifères ne peuvent pas parvenir. Sa tige,

à l'âge de cent ans, n'a que quelques centimètres d'épaisseur, aussi son bois est-il d'autant plus compacte. Le Pin-Pignon est d'un grand avantage pour les Alpes, parce qu'il est un obstacle à la formation des avalanches.

L'If (*Taxus baccata*) est disséminé dans le Thuringer-Wald et il se cache souvent au milieu des Epiceas et des Sapins : c'est un végétal qui aime l'ombre ; sa tige n'acquiert jamais une hauteur extraordinaire, mais il atteint un âge prodigieux. Il doit avoir été jadis beaucoup plus répandu que de nos jours, car son bois se trouve souvent dans les lignites. Dans le Harz, il forme encore quelques bosquets.

Le Genévrier (*Juniperus communis*) constitue d'humbles buissons dans les forêts alpestres ; il pousse çà et là en pieds isolés ; lorsque les circonstances sont favorables, il émet des tiges droites et élancées de 4 à 6 mètres de hauteur et il ressemble alors à un jeune Mélèze, mais sa cîme reste toutefois dans des limites beaucoup plus étroites.

A l'exception du Mélèze, tous nos Conifères forestiers conservent leur verdure en hiver, bien qu'elle prenne toutefois pendant cette saison une teinte plus sombre que de coutume. Les rameaux feuillés des Epiceas et des Sapins supportent la neige pendant longtemps, mais ils cèdent parfois sous un poids trop considérable, au grand préjudice de leur végétation future.

Une plantation touffue de beaux et vieux Hêtres (*Fagus silvatica*) se trouve derrière le château de Schwarzburg. Leurs troncs ressemblent à des colonnes gigantesques et élancées ; ils sont lisses jusqu'à une hauteur de 15 à 20 mètres, puis ils s'amincissent en flèche ou bien se divisent en plusieurs fortes branches qui divergent également dans tous les sens et qui supportent une cîme ogivale ; sous leur ombrage épais, on croit se promener sous des galeries gothiques ; le terrain y est humide et un épais tapis de mousse est étendu sur un terreau noir et fertile ; dans les ravins et les bas-fonds, le vent amoncèle une litière de feuilles desséchées de plus d'un pied d'épaisseur. L'écorce est lisse et blanche ; dans des conditions favorables de santé elle reste, comme celle du Sapin, à l'abri des souillures des mousses et des lichens. Il existe des Hêtres encore plus forts, mais dont le tronc est moins élevé, à l'ouest du Schlossberg ; ces arbres ont poussé librement, aussi leurs branches se sont-elles étalées comme de grands bras et leur cîme couvre une large surface, tandis que dans la plantation de Schwarzburg beaucoup plus touffue la ramification du tronc s'élève à peu

près verticalement pour se diriger vers la lumière. Presque tous ces arbres portent des loupes arrondies provenant de chicots de branches recouverts d'un bois d'une beauté particulière. Enfin j'ai encore vu de fort belles plantations de Hêtres près de Leutenberg et aux environs d'Eisenach, entre Altenstein et Ruhla, parmi lesquelles la plus renommée est celle de Spessart.

Le Chêne (*Quercus pedunculata* et *Q. sessiliflora*) ne constitue pas dans le Thuringer-Wald de plantation homogène, mais on l'y trouve associé au Hêtre ou plus rarement aux Conifères. Il ne convient pas pour faire des plantations serrées ; à cause de l'inégalité de sa vie, soumise à une foule d'influences variables, il se produirait beaucoup de vides par la mort de certains arbres, qu'il faudrait alors s'empresser de remplir avec de jeunes plants. Les côtes du Schleswig sont couvertes de belles chênaies. L'Angleterre possède aussi quelques forêts très-curieuses de Chênes et de vieux Frênes, entre autres la New-Forest, près de Southampton, à l'ombre de laquelle reposent les magnifiques ruines de l'abbaye de Nedly. Pline dit des forêts de l'Allemagne (1) : « La majestueuse grandeur du Chêne, dans cette forêt, surpasse toutes les croyances imaginables ; cet arbre n'y a jamais été frappé par la cognée, il est contemporain de la création du monde et il semble être le symbole de l'immortalité. Je veux passer sous silence des choses extraordinaires qui seraient considérées comme fabuleuses, mais ce qui est incontestable c'est que là où les racines se rencontrent, elles élèvent la terre en un monticule, et si le sol ne cède pas, ces racines se pressent l'une contre l'autre et forment de hautes montagnes qui s'élèvent jusqu'aux branches ; elles s'entrelacent les unes dans les autres de manière à former de véritables arcades sous lesquelles peuvent chevaucher des escadrons entiers. » Ces anciennes forêts étaient hantées par l'Elan, l'Auroch et le Renne, dont les noms se retrouvent dans le chant des *Niebelungen*, mais qui ont disparu de nos forêts avec les énormes Chênes, leurs contemporains.

On trouve des plantations homogènes de Bouleaux dans l'Ukermark et de plus belles encore en Russie (2). Chez nous, le Bouleau ne pousse pas en plantations serrées, mais il exige, au contraire, comme le prouve assez la nature de son feuillage, beaucoup de lumière. Lorsqu'il est libre dans ses allures, il se transforme en un arbre élevé et

---

(1) C.-E. Schmid, *Deutschlands Geschichte vor der Geschichte.*
(2) Blasius, *Reise in Innere von Russland.*

puissant, dont l'écorce, blanche comme du papier et sillonnée de crevasses noires, le distingue de toutes les autres espèces.

Je vis les flexibles Bouleaux
Etaler, sur de blancs rameaux,
Leur riche parure argentée ;
En cette nuit calme, étoilée,
De Phébé le disque radieux
Semblait y suspendre ses feux.
LENAU. (*Traduction.*)

« Dans le Nord, l'aspect d'une forêt de Bouleaux, a pour le visiteur étranger quelque chose de féérique. Leurs tiges élancées, éblouissantes de blancheur, sont si étroitement serrées les unes contre les autres qu'elles couvrent et limitent l'horizon à une distance de cinquante pas. Elles montrent à peine la trace d'un bourgeon latéral jusqu'à une hauteur de 18 mètres ; au contraire ces tiges sont pures et lisses depuis leur base, sans que leur écorce soit nulle part rude et crevassée. La cîme consiste en une légère frondescense, dont les rameaux flexibles et pendants ressemblent à des filets d'eau vive qui jailliraient d'une source en s'éparpillant en gouttelettes. Un moëlleux tapis de mousses et de lichens est étendu sur le sol de cette forêt et partout où la lumière peut pénétrer jusqu'à lui, il est brodé de *Gnaphanium dioicum*. » Le Bouleau noir (*Betula nana*), est un très-petit arbrisseau qui se montre sur les montagnes boréales près de la limite de la végétation.

L'Orme, l'Erable, le Mérisier, le Peuplier noir, le Tremble, le Frêne et le Tilleul et beaucoup d'autres espèces encore, se rencontrent mélangés à d'autres essences et il est rare de les trouver seuls dans un bois. L'Aune et la plupart des Saules se plaisent dans les vallées humides. On remarque notamment sur les rives de la Schwarza et de ses affluents une réunion extraordinairement variée d'arbres d'espèces différentes qui se séparent ensuite les unes des autres, d'après leur mode propre de vie, à mesure que l'on gravit les côtes avoisinantes.

Le sol d'une forêt, indépendamment de sa nature primitive, est d'une valeur fort variable suivant que l'humidité est plus ou moins grande et surtout d'après l'extension plus ou moins étendue qu'ont prises certaines espèces. Ainsi, tantôt la terre est couverte d'un tapis de mousse moite et épais, tantôt le terrain est nu et aride, ou bien il peut disparaître sous une couche profonde de vieilles feuilles. La nature des arbres exerce d'ailleurs sous ce rapport une grande influence : tous

ceux qui donnent beaucoup d'ombrage, maintiennent l'humidité dans le sol en le protégeant de l'action directe des rayons solaires. Ceux dont le feuillage est plus clair-semé, comme le Bouleau et les Pins, donnent fort peu d'ombre à la terre, laquelle est ainsi privée de son humidité. Tandis que sous les Epiceas, les Sapins, les Hêtres et les Chênes, on marche presque toujours sur une couche excellente de terreau humide, on ne trouve le plus souvent sous les Pins et les Bouleaux qu'une surface desséchée, jonchée d'aiguilles ou de feuilles mortes. Les arbres ombreux bonifient le terrain, parce qu'ils y retiennent l'humidité qui est nécessaire pour les phénomènes de décomposition des matières organiques qui s'y trouvent, et parce qu'ils l'engraissent par la chute de leur feuillage. La couche moussue qui se développe à l'ombre entretient également l'humidité ; à mesure que la mousse meurt à la partie inférieure et se décompose, elle se renouvelle sans cesse à la superficie. L'épaisseur de la couche d'humus augmente d'année en année dans les forêts par la décomposition des cryptogames et des feuilles mortes, qui doivent, par conséquent, y être sévèrement conservées puisqu'elles fournissent en définitive les matériaux dont les arbres s'alimentent.

Les forêts séculaires étant rares en Allemagne, celles qui subsistent encore acquièrent d'autant plus d'intérêt. La forêt qui se trouve au sommet de Wurzelberg, près de Katzhütte, dans le Thuringer-Wald, est à ce point de vue l'une des plus intéressantes : ce sont les débris d'une antique forêt dont les arbres ont crû comme la nature les avait créés. C'est la plantation (1) la plus sauvage et l'association végétale la plus riche que nous ayons jamais vue, d'Epiceas, de Sapins et de Hêtres.

Nous avons visité deux fois le Wurzelberg, le 6 août 1852 et le 15 juillet 1854. Haut de 1266 mètres (2600 pieds de France), il surpasse peu les montagnes voisines ; le Farmdenkopf, qui n'en est pas fort éloigné, est même un peu plus élevé. Il appartient aux formations siluriennes du Grauwacke et l'on y rencontre un fort beau coticule. Plusieurs chemins y conduisent de Katzhütte, mais il est nécessaire de se mettre sous la conduite d'un guide expérimenté ; on s'élève doucement en suivant de belles promenades d'Epiceas et l'on arrive en

(1) Nous devons faire remarquer au lecteur que dans le sens où nous l'employons, le mot *plantation* n'implique aucune idée de plantation artificielle : il exprime dans notre pensée, une réunion de plantes et nous n'avons su traduire autrement le mot allemand *Bestand*.

(*Note du traducteur.*)

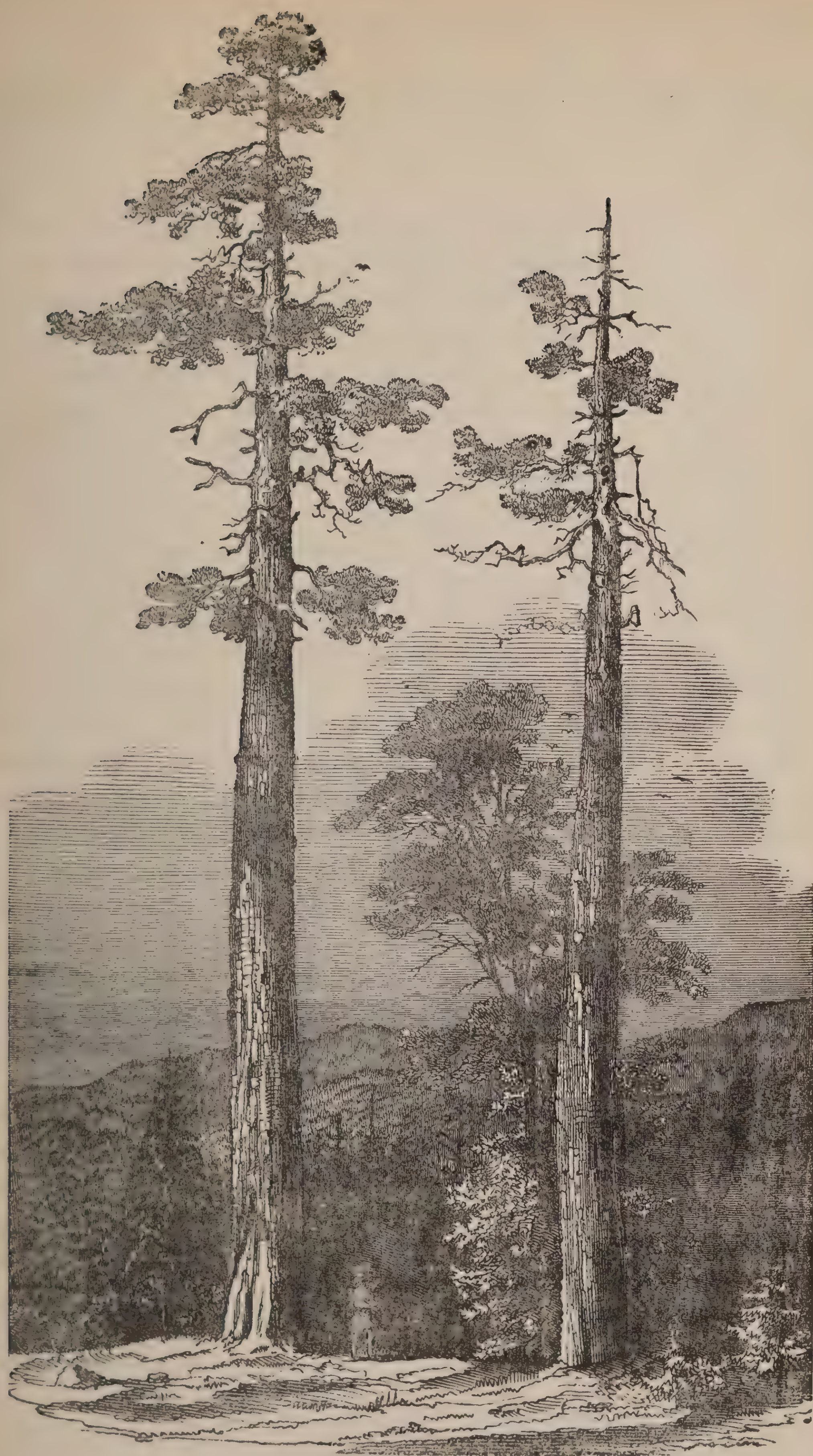


Fig. 210. Deux des vieux Sapins de Wurzelberg.

quelques heures à une hauteur d'où l'on peut déjà apercevoir de loin les vieux Sapins dont les cîmes élevées semblent courber la tête sous le faix des années.

On trouve, au sommet du Wurzelberg, un repos de chasse royale, entouré d'offices et d'écuries, qui fut bâti vers 1740 et qui était fréquenté par le comte de Schwarzbourg jusqu'en 1788 pendant la saison des chasses (du 1er au 10 octobre). Le bâtiment principal est en bois et occupé au centre par un appartement de forme octogone, entouré de huit autres chambres : on y retrouve, suspendues aux lambris, des peintures rappelant les principales réunions de la vénerie royale de Schwarzbourg dont la première eut lieu en 1740 et la dernière en 1788. Une rose des vents, en communication avec la girouette du toit, indiquait aux nobles chasseurs, rassemblés autour d'une table en fer-à-cheval, la direction du vent, indication d'une haute utilité quand on est en chasse. De magnifiques ramées ornaient jadis les parois de cette bâtisse, aujourd'hui abandonnée ; l'ancienne cuisine est maintenant habitée par un bûcheron et les bâtiments ne servent plus qu'à laisser sécher les cônes d'Epiceas.

Si la maison de chasse du Wurzelberg est déjà un souvenir du temps passé, les vieux Sapins qui l'entourent nous reportent encore bien plus loin en arrière. Ce sont les restes d'une forêt qui jadis couvrait toute la montagne ; jamais ces Hêtres et ces Sapins n'ont été plantés et n'ont reçu les soins de l'homme. Le Sapin a, comme partout où il peut croître, conservé sa supériorité, et c'est sous sa protection que le Hêtre se maintient, car abandonné à lui-même, ce dernier arbre se trouve rarement à une pareille hauteur. Il subsiste encore une centaine de vieux Sapins primitifs, qui dominent toute la forêt et qui s'élèvent isolément ou en quelques groupes épars ; leur tronc est dégarni de branches jusqu'à une hauteur de 18 à 30 mètres ; trois hommes peuvent à peine les embrasser à la base ; leur cîme s'étale en forme de dôme comme les aîles d'un oiseau gigantesque ; leur écorce blanche et lacérée est presque partout respectée par les mousses et les lichens, alors qu'aux branches des Epiceas voisins, qui semblent être des nains au milieu de ces géants, se suspendent de longs festons de lichens qui descendent à plus d'un pied. Deux vieux Sapins, situés à l'ouest de la montagne, sont un exemple manifeste du préjudice que l'ombre exerce sur la ramification ; en effet, du côté où les branches de ces deux arbres se touchent, les troncs sont dégarnis jusqu'à une hauteur considérable, tandis que sur les faces libres, l'un et l'au-

tre sont ramifiés beaucoup plus bas et aussi fortement. L'un de ces arbres a formé de nouveaux rameaux au moyen de bourgeons adventifs, à une hauteur de 13 mètres environ. (La partie naturellement élaguée de la tige de ces vieux Sapins ne présente, comme les Pins, aucune trace des branches tombées.)

Sur le sol, qui est recouvert d'une excellente couche de terreau de bois, le Fraisier sauvage croît avec une vigueur extraordinaire et donne d'excellents fruits; les mûres et les myrtilles garnissent aussi le terrain; çà et là on aperçoit des monticules de mousse qui recouvrent les vieilles souches des arbres abattus pendant les siècles passés; de longues colonnes d'une épaisseur de 2 à 3 mètres et couvertes de mousses proviennent de vieux troncs morts, qui tombent de décrépitude et qui souvent sont tellement friables que d'un coup de pied on en fait un monceau de ruines. Ces débris d'anciens arbres gigantesques nous ont été légués par une époque où le bois était à peu près sans valeur et où l'administration des forêts n'existait pas. Souvent ils sont couverts de jeunes plants d'Epicea, essence qui germe très-volontiers sur les vieilles souches de Sapin et sur les branches tombées. Dans ces circonstances, il se produit parfois un singulier phénomène: la souche qui sert de support à un Epicea et qui le nourrit en se décomposant, s'abîme après quelques années sous son épiphyte dont les racines se trouvent dès lors à nu et qui semble reposer sur un fondement de racines colomnaires qui le fait ressembler aux Pandanus des rivages équatoriaux (1). La quantité de tiges pourries qui jonchent le sol, ainsi que des Epiceas qui *chevauchent* sur elles, est très-considérable au voisinage du repos du Wurzelberg. Le rapprochement des souches, ainsi que les groupes des vieux Epiceas encore debouts, attestent que la plantation était jadis fort touffue et qu'un toit épais de feuilles aciculaires et de feuillage devait recouvrir une sombre forêt. Les Hêtres et les Epiceas de la forêt actuelle sont beaucoup moins âgés que les grands Sapins; il est probable que l'Epicea s'est établi d'abord et que les Sapins se sont ensuite successivement élevés. L'Epicea a beaucoup à souffrir ici des coups de vent, ce qui fait qu'on ne le trouve pas en exemplaires aussi puissants que le Sapin. Souvent un vieux Sapin gigantesque est tout-à-fait isolé, n'ayant que du sous-bois dans son voisinage.

---

(1) Goeppert a décrit des phénomènes identiques dans la vallée du *Grünwald*, comté de *Glatz* (*Flora*, 1847).

Le climat du Wurzelberg est rigoureux ; le 6 août un brouillard froid enveloppait la montagne jusqu'à midi ; quand le soleil parvint à le percer, celui-ci répandit une vive clarté sur toutes les montagnes de la forêt de Thuringe : on apercevait le Harz dans le lointain et l'on distinguait manifestement le Brokenhaus.

On rencontrait jadis beaucoup d'Epiceas décortiqués et de jeunes Sapins brisés, indices d'une chasse giboyeuse ; mais depuis 1848 la plupart des agiles habitants de la forêt ont disparu ; aucun cerf superbe, aucun chevreuil craintif n'apparaît aux regards du voyageur. Les lèche-sels et les réserves de fourrages sont éloignés depuis que le parc, qui naguère s'avançait jusqu'au-dessus du Wurzelberg, est actuellement limité aux environs de Schwarzbourg.

Ces vieux Sapins augmentent encore en épaisseur et ils cicatrisent les blessures que leur écorce peut subir ; la plupart sont en parfaite santé et il n'en est qu'un petit nombre dont le sommet soit desséché. On les trouve spécialement derrière la maison de chasse et à l'Est de la montagne dont le versant septentrional est dénudé parsuite de la coupe des arbres et couvert de prairies. On ménage aujourd'hui la vie de ces vieux arbres avec une grande piété, et l'on a compris de quel intérêt ils sont pour l'Allemagne, où nulle part on n'en pourrait trouver de semblables pour l'âge, la hauteur et l'étendue. Le forestier Liepmann, qui a la surveillance du Wurzelberg et qui l'exerce avec le soin le plus minutieux, a consacré la plupart de ces arbres gigantesques dont la vie semble éternelle, à la mémoire des hommes qui ont rendu le plus de services à l'art forestier et il les a ornés de tablettes portant les noms de Cotta, Hartig, Pfeil, etc. ; il en a récemment dédié un à Humboldt.

L'inspecteur forestier Schlinzel, de Katzhütte, a opéré, en 1837, le cubage exact des quatre plus grands Sapins du Wurzelberg. Nous devons à l'amicale obligeance de M. V. Holleben, la communication du résultat de ces calculs, qui ont donné les chiffres suivants :

Sapin	1 à (0m62 au-dessus du sol)	5m78	de circonférence	et	45m50	de	hauteur
»	2	6m90	. . . . . .		47m07	»	»
»	3	7m00	. . . . . .		47m07	»	»
»	4	8m42	. . . . . .		50m20	»	»

La contenance en bois de ces arbres doit se calculer avec une réduction de 0, 42, et l'on arrive pour le

Sapin	1	à 1608	pieds cubes	ou	22 1/4	voies	à raison de 72 pieds cubes par voie.
»	2	» 2422	»	»	33 1/2	»	
»	3	» 2492	»	»	34 2/3	»	
»	4	» 3810	»	»	52 11/12	»	

L'âge des Sapins du Wurzelberg, d'après le dénombrement des couches annuelles de plusieurs troncs abattus, peut être évalué à 350–700 ans.

On rencontre sur le Lindigforst, à une lieue environ du Wurzelberg, un tronc creux, de 11 m. 30 cent. de hauteur, provenant d'un vieux Sapin séculaire qui fut brisé en 1849 à la suite d'un orage. On lui a enlevé l'écorce, on l'a couvert d'un toit de bois et percé d'une porte, de sorte qu'il ressemble de loin à une guérite. Dans cet état il sert, comme une hutte naturelle, d'asile aux bûcherons et aux gardes-forestiers, et il peut contenir huit personnes. Son bois est excessivement madré et d'une dureté considérable. Cet arbre avait une circonférence de 7 m. 06 cent., mesurée à la hauteur de 0 m. 47 cent., et une élévation de 47 m. 07 cent., sa contenance en bois fut trouvée de 2538 pieds cubes ou 35 1/2 voies.

D'après Ratzeburg, on trouve dans le Hundsruck, près de Birkenfeld, un Sapin de 47 mètres de hauteur sur 5 m. 67 cent. de circonférence. Près de Wembach dans l'Odenwald, il doit également y avoir un Sapin de 44 à 47 mètres de haut : dans le Nesselgrund, en Silésie, se trouvent des Sapins dont l'un a fourni, sans compter la cîme et les branches, 25 voies de bois de quartier. Dans la forêt Boronower, située sur les limites de la Pologne dans la Silésie supérieure, il existait en 1812 encore beaucoup de forêts primitives exclusivement composées de Sapins. On vient d'abattre en Suisse, dans le Boonwalde, près de Sofingen, un Sapin qui avait 1 m. 89 cent. de diamètre au-dessus de la souche et encore 2 m. 20 cent. de circonférence à une hauteur de 31 mètres. Un arbre plus grand encore a été renversé, en 1852, dans les Alpes suédoises, dans une localité située à plus de 1250 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer : ce Sapin mesurait à la souche 6 m. 59 cent. de circonférence, et sur une longueur de 31 mètres, encore 2 m. 67 cent. de circuit (1).

Les Epiceas du Wurzelberg sont notablement moins forts que les Sapins et les Hêtres : ils souffrent des raffales du vent et de l'attaque des insectes xylophages; des mousses et des lichens couvrent leur tige et leurs rameaux. Par suite de cette observation, l'administration forestière a résolu de peupler la nouvelle plantation conformément aux conditions naturelles de la montagne; d'abattre peu-à-peu les Epiceas et par contre, de soigner la crue de Sapins et les semis de Hêtre. De cette manière le Wurzelberg sera planté d'un mélange de

---

(1) *Bot. Zeitung* de Berlin, 1853, p. 255.

jeunes Sapins et de Hêtres qui grandiront en une belle futaie sous la protection de leur ancêtres.

D'après l'ensemble des renseignements que nous avons donné sur le Sapin, on voit qu'il est de tous nos Conifères le meilleur : ses jeunes plants sont fort robustes; il peut rester étouffé pendant longtemps et se relever encore dans la suite, les vieux pieds sont solidement fixés au sol et ne craignent pas le souffle des tempêtes ; son rendement ligneux est considérable; enfin il atteint l'âge le plus élevé (700 ans et au-dela). Par contre, il exige un sol spécial et c'est, par excellence, l'arbre des montagnes.

Je vis, en revenant du Wurzelberg vers Katzhütte, l'effet des ravages que fait un ouragan dans une forêt d'Epiceas : les plus grands arbres étaient étendus à la file couchés auprès d'une fosse de peu de profondeur ; leurs racines, qui ne pénètrent guère dans le sol au-delà d'une profondeur de cinquante centimètres à un mètre, avaient en se brisant soulevé la terre « *als Käse.* » Le passage d'une tempête dans une forêt doit être l'un des spectacles les plus effrayants auxquels l'homme puisse assister. La neige est aussi la cause de grands dégâts qui se renouvellent souvent; elle abat les jeunes plants et elle affaisse les arbres. La neige est surtout préjudiciable à l'intérieur des plantations, tandis que le vent est principalement nuisible aux lisières des forêts où il a plus de prise sur les arbres. Le givre est encore pour les forêts une cause de détérioration qui ressemble à celle que provoque la neige ; les glaçons se suspendent quelquefois aux branches et aux rameaux des Sapins ou des Epiceas en quantité si considérable qu'ils les brisent par le seul effet de la pesanteur. Le côté des forêts situé au Midi est le plus exposé à souffrir du givre, parce que la neige se fondant sous l'influence du soleil, se congèle de nouveau pendant la nuit, de sorte que de longues chandelles de glace se suspendent aux branches. L'Epicea souffre plus que le Sapin des rigueurs de la neige et du givre.

Dans le Lindigforst, voisin du Wurzelberg, on trouve une plantation séculaire de Sapins et d'Epiceas : cette dernière essence y prédomine et elle y est représentée par des individus qui ne le cèdent en rien à ceux du Stellerwald. Le sol de cette forêt ressemble à un cimetière; il semble couvert de longues files de tombes moussues ; ce sont de vieilles tiges abattues et d'anciennes souches sur lesquelles un linceuil de mousse s'est étendu. La terre est encore couverte d'une foule de ramilles desséchées et de jeunes tiges brisées, parce que le Lindig-

forst est trop éloigné pour que le pauvre vienne y affouager et que ce service y serait trop dispendieux pour l'Etat. Cet ensemble de circonstances donne à cette vaste forêt un caractère de virginité très-frappant.

Le tableau de la vie d'une forêt serait incomplet si l'on n'y comprenait pas les animaux qui l'animent. Les cerfs, les chevreuils et les sangliers deviennent chaque jour plus rares; l'ours, le loup et le lynx, qui jadis étaient l'effroi des forêts allemandes, en ont tout-à-fait disparu; un terrier de castor est une curiosité fort rare. Les animaux sauvages causent d'ailleurs de grands dommages aux bois; ils mangent les plantules et ils rongent les jeunes arbres, surtout les Sapins; en hiver ils détachent l'écorce jusqu'à l'aubier et détériorent beaucoup les jeunes plantations : l'abondance du gibier est donc préjudiciable aux forêts. La plupart des chasseurs considèrent les dommages que le gros gibier fait éprouver aux arbres comme un mal local; en effet, tandis qu'il s'exerce dans telle plantation, il est inconnu dans telle autre : lorsque ces animaux passent d'une forêt dans une autre, pendant leurs émigrations, les nouveaux venus apprennent bien vite à leurs compagnons la découverte qu'ils ont faite de l'excellente nourriture qui se trouve déposée sous l'écorce des arbres, découverte que l'homme lui-même passe pour avoir apprise aux bêtes fauves, au dire de quelques forestiers. D'après eux, le gibier ronge l'écorce des jeunes arbres, seulement depuis l'époque où l'on a commencé de décortiquer dès le printemps les arbres que l'on abattait; les animaux forestiers ont ainsi appris à connaître la saveur de la jeune écorce et ils savent maintenant où aller la retrouver dans les arbres vivants.

Les forêts sont animées par l'écureuil qui sautille de branche en branche, par le pic qui grimpe sur les troncs en les frappant de son bec pour rechercher les insectes qui se nichent dans les fentes de l'écorce, par le coucou, par les ramiers et par la bande joyeuse des oiseaux chanteurs. De temps en temps, on entend la voix du coq de bruyère ou de la gélinotte des bois, mais l'un et l'autre sont déjà devenus rares. Un aigle ou un épervier plane dans les airs prêt à s'élancer sur sa proie; sur le sol d'innombrables fourmis courent d'un air affairé tout autour de leur retraite; et les essaims d'abeilles bourdonnent autour du creux d'un arbre. Beaucoup de ces animaux sont utiles aux forêts, d'autres leurs sont nuisibles, et il est d'une sage administration de conserver les premiers et de chercher à détruire les autres.

La chasse et la tenderie sont les principales distractions du forestier. Mais dans les temps modernes, les plaisirs de la chasse ont bien diminué dans notre vieille Europe, par suite de la rareté progressive du gibier, et le chasseur est obligé d'épargner les grosses bêtes pour conserver quelque réserve pour l'avenir. L'oisellerie est plus favorisée et c'est un plaisir auquel on peut encore se livrer avec succès quand celui de la chasse fait défaut.

La chasse aux oiseaux est pleine d'animation; voici comment elle se pratique souvent : un hibou, ordinairement une chouette, est enchaîné sur le toit d'une hutte, autour de laquelle on a pris soin de disposer des perchoirs consistant en tiges d'arbres décortiquées. Tous les oiseaux du voisinage se rassemblent en foule autour du malheureux prisonnier que la lumière du jour éblouit, pour se moquer de leur ennemi livré sans défense à leurs cris de vengeance et de raillerie. Pendant ce temps, le chasseur, caché derrière les meurtrières ménagées dans la cabane, abat tout à son aise toute la gente volatile. Tant que ses coups portent juste, il n'a pas à craindre de manquer de gibier; ni les détonations des armes à feu, ni la chute de leurs compagnons frappés de mort ne semblent les émouvoir; tous ces oiseaux sont en quelque sorte énivrés par le plaisir de la moquerie et par les cris qu'ils poussent sans relâche, mais si un coup porte à faux et blesse seulement l'un d'eux, il s'envole aussitôt suivi de toute la bande. — Ailleurs l'eau murmure dans un abreuvoir, les appeaux sifflent, les filets sont tendus et l'oiseleur, caché sous une maisonnette de feuillage, et le fusil armé, abat les oiseaux de proie attirés par ses traîtresses chanterelles. Les oiseaux altérés arrivent, d'ailleurs, tout naturellement à l'abreuvoir; l'oiseleur tire son filet et les malheureux sont pris. — Le terrain préparé par l'oiseleur est entouré de perchoirs blancs; les sorbes les plus belles cachent l'aire sous laquelle les filets vont s'abattre; les appeaux gazouillent et le tendeur attend ses captures. L'automne est la saison de la tenderie et l'occasion d'une chasse meurtrière.

Oh! qu'il est doux d'errer à l'aventure
Dans les forêts qu'embellit la nature,
Lorsque Phœbus, de ses rayons mourants,
Fait chatoyer les arbres verdoyants,
Et que le chant des passereaux volages
Expire au loin dans les sombres bocages,

La nuit s'avance, et du bois mystérieux
L'œil ne voit plus les hôtes silencieux.
Seul l'écureuil paraît dans les branchages,
Il fuit, revient, puis quitte les feuillages,
Pour nous montrer de ce bois ombragé
La solitude et la vitalité.
Quel grand mystère et quel muet problème
Toujours voilé, dont la plante est l'emblême!
Ses rameaux vont sans cesse verdissant,
Son pied profond dans le sol pénétrant
Soutient le poids des tiges vigoureuses
Qui lèvent au ciel leurs fleurs amoureuses;
Mais qui donc met toujours en mouvement,
Transporte, étend le principe vivant?
Où donc est l'âme? Où réside le souffle?

LENAU. (*Traduction.*)

Nos forêts présentent déjà un certain caractère de majesté et de variété, mais celles des contrées tropicales sont encore beaucoup plus riches et plus imposantes. Alexandre de Humboldt nous en a tracé le tableau d'une main de maître (1). V. Martius, Poeppig, Richard Schomburgk, Burgmeister, Barth et d'autres naturalistes voyageurs y introduisent également leurs lecteurs. N'ayant pas eu le bonheur de voir les forêts tropicales, j'avais reproduit, dans la première édition de cet ouvrage, quelques-unes des descriptions que Trémeaux avait données des forêts-vierges de l'Afrique centrale, situées sur les rives du Fleuve bleu. Depuis cette époque, je me suis familiarisé avec les associations arborescentes de la zone juxta-tropicale par un séjour de deux années aux îles de Madère et de Ténériffe (1855-1857), ce qui me permet de décrire mes impressions personnelles.

Les arbres qui constituent les forêts des contrées méridionales sont presque tous différents de ceux que nous avons chez nous. Transplantés à Madère, il n'est guère, parmi ceux-ci, que le Platane (*Platanus occidentalis*) et le Chêne (*Quercus pedunculata*) qui prospèrent, encore ne pénètrent-ils jamais dans les forêts. Le Chêne reste petit et rabougri, il conserve son feuillage jusqu'au mois de décembre et il verdit de nouveau dès le mois de février; il fleurit en même temps. Le Châtaignier (*Castanea vesca*) est le seul des arbres forestiers de l'Allemagne, que l'on retrouve dans le Sud, et c'est là seulement qu'il se développe dans toute sa beauté. Certaines localités du Nord de Madère

(1) Alexandre de Humboldt. *Tableaux de la nature*, 2 vol.

(*Saô Vincente* et *Boa ventura*) ressemblent de loin à un bois de Châtaigniers qui ombrage les modestes cabanes des cultivateurs portugais. Cet arbre, bien que selon toute probabilité introduit dans l'île, y atteint une hauteur considérable; il n'est pas rare de rencontrer des troncs de 10 à 12 mètres de circonférence. Souvent ils sont creux, et servent alors de bouverie, à Ténériffe; leur feuillage sert de fourrage aux vaches et aux chèvres, et leurs fruits constituent, en automne, la principale nourriture des insulaires. Le Châtaignier ne peut toutefois être considéré comme un arbre forestier de l'île; il est plutôt répandu dans la région habitée et ne s'étend pas jusqu'à la région boisée. Il est particulièrement propre à la zone qui limite la région agricole, située à une altitude supramarine de 950 mètres environ. Il descend jusqu'au rivage dans les gorges profondes, ombragées et humides.

Le sous-bois prédomine notablement dans la majeure partie des forêts subtropicales; souvent il recouvre une superficie de plusieurs milles et il est presque toujours impénétrable. Les végétaux qui le composent sont des représentants arborescents de plusieurs genres qui, chez nous, ne donnent que de petits arbrisseaux. Ainsi, le Cirier de nos marais (*Myrica gale*), un humble arbuste, est remplacé par le *Myrica faya*, dont la tige atteint plus de 12 mètres de hauteur; de même notre Houx (*Ilex aquifolium*) a ici pour remplaçants trois véritables arbres, les *Ilex Perado*, *I. canariensis* et *I. platiphylla*. Notre Myrtille est représentée à Madère par le *Vaccinium padifolium*, qui s'élève à une dizaine de mètres et qui développe de fortes tiges noueuses; au lieu de nos humbles Pyroles, on rencontre le *Clethra arborea* qui constitue un arbre de plus de 12 mètres d'élévation, à tige élevée et dont la cîme, de dimensions moyennes, émet en été de longues grappes de fleurs blanches et odoriférantes; notre Bruyère enfin est remplacée par l'*Erica arborea* et, dans la région inférieure, par l'*Erica scoparia*, espèce moins élevée; la première constitue à Madère des taillis irréguliers; elle y atteint une hauteur de 12 à 13 mètres et ses tiges ont parfois près de 2 mètres de circonférence. D'un autre côté, nous retrouvons à Madère, aux avant-postes des forêts, notre Genêt à Balais (*Spartium scoparium*) et l'Ajonc d'Europe (*Ulex Europaeus*); ils y recouvrent de vastes territoires, le plus souvent à l'exclusion l'un de l'autre, en envahissant les chemins et en ne laissant guère à d'autres espèces la faculté de s'associer à eux. Le plateau de *Paül de Serra*, situé à Madère à une altitude de 1569 mètres au-dessus

du niveau de la mer, forme une vaste plaine de plusieurs milles de large uniformément couverte de Fougères (*Pteris aquilina*); elle y atteint, suivant les localités, de 6 à 15 décimètres et forme une sorte de prairie bien verdoyante, compacte et unie. Il arrive souvent que ses longues frondes forment sur les sentiers des berceaux de verdure, sous lesquels passent les cavaliers. Par contre, les associations de Graminées manquent complétement dans cette île; nulle part on ne voit de prairies et l'on ne récolte du foin qu'à Camacha, village situé par 628 mètres au-dessus du niveau de la mer, du côté méridional de Madère.

Les sommets des montagnes isolées sont couverts de puissants Lauriers qui s'élèvent çà et là par-dessus les taillis; mais ces arbres ne se rassemblent pas en société et ne peuvent pas rivaliser de grandeur avec ceux qui se trouvent dans les vallées humides et ombragées, où le sous-bois s'abaisse plus ou moins et cède la place à différentes espèces de Fougères dont les frondes montent à 2 ou 3 mètres au-dessus du sol. Dans ces gorges, les ruisseaux forment d'innombrables cascades et se précipitent souvent en pluie d'argent, d'une hauteur de 950 mètres, le long des parois verticales de roches basaltiques. Là se trouve la véritable haute futaie, composée de quatre espèces de Laurinées, le Til (*Oreodaphne foetens*), le Vinhatico (*Persea indica*), le Lauro (*Laurus canariensis*) et le Barbusana (*Laurus barbusana*), en outre de l'Aderno (*Ardisia excelsa*). Ces arbres sont quelquefois accompagnés, à Ténériffe, du Laurier de Portugal (*Prunus lusitanica*) et plus rarement du *Visnea mocanera* (que l'on a rencontré à Madère seulement dans les environs de Seixal) ou du *Myrsine canariensis*. Notre If et une espèce de Genévrier, le *Juniperus Cedrus*, qui passe pour un Cèdre, sont éparpillés dans ces forêts. Il n'existe à Madère que des arbres feuillus, mais dans les Canaries, un Pin, le *Pinus canariensis*, constitue, dans la région supérieure, d'admirables forêts toujours vertes. On peut aisément suivre, dans ces deux groupes d'îles, la transition du taillis en haut-taillis et de celui-ci en futaie.

Le taillis caractérise la région qui borde les terres labourables et qui ne descend pas en-dessous de 600 mètres d'altitude supra-marine; le haut-taillis se montre au bord et à l'entrée des gorges; la haute-futaie occupe les vallées elles-mêmes. Le Til (*Oreodaphne foetens*), qui est comparable au Chêne par sa ramification irrégulière et par son épais feuillage, y atteint souvent une hauteur considérable. Il existe à Achado do Indeo, au nord de Madère, deux Tils très-âgés, de plus

de 31 mètres de hauteur sur une circonférence de 11 à 13 mètres (Fig. 211). Le Vinhatico (*Persea indica*), au large feuillage, développe également de puissantes tiges, qui naissent souvent autour d'un tronc séculaire couvert de mousses et de fougères, comme on peut le voir

Fig. 211.



dans les forêts ténériffiennes d'Agua Garcia et d'Agua Mercedes. Le Lauro (*Laurus canariensis*) constitue dans ces mêmes gorges un arbre magnifique dont les vieilles tiges sont remarquables par les racines aériennes d'une espèce particulière, dont elles sont recouvertes ; elles se font jour à travers l'écorce, se flétrissent périodiquement à l'époque de la sécheresse et ressemblent à des champignons bruns. Le Barbusana (*Laurus barbusana*) n'atteint pas une taille aussi élevée et il est d'ailleurs beaucoup plus rare. L'Aderno (*Ardisia excelsa*) constitue un bel

Fig. 211. L'un des deux vieux Tils de *Achada do Indeo.*

arbre à tige élancée. Le port du *Prunus lusitanica* est comparable à celui du Hètre; dans certaines parties de la forêt d'Agua Mercedes, à Ténériffe, il forme seul une futaie compacte. De même que notre Digitale pourprée, plante herbacée à fleurs rouges et blanches, accompagne presque tous nos arbres forestiers, et ne manque guère sur nos montagnes dans les abattis et les clairières, de même on rencontre dans les futaies et dans les hauts-taillis de ces forêts méridionales de superbes espèces de Digitales arborescentes. A Madère notamment le magnifique *Isoplexis sceptrum*, dont la tige ligneuse atteint près de 8 mètres de hauteur sur 10 centimètres d'épaisseur, grimpe sur les rochers et constitue l'un des plus beaux ornements des forêts : ses grandes fleurs jaunes forment des épis de plus d'un pied de longueur sortant du centre d'une ample touffe de feuillage. On le rencontre, entre autres localités, dans la Serra do Norte à Barbacal et à Ribeiro frio. L'*Euphorbia mellifera*, arbre de 9 mètres de hauteur, habite aussi ces gorges ombragées et humides; il vit même en société dans la Serra do Norte, et la Serra do Fanal à Madère.

Les forêts subtropicales de ces îles se distinguent essentiellement des nôtres par la diversité des arbres et par leur feuillage persistant; de plus elles sont encore dans leur état primitif, n'étant pas cultivées ni même explorées dans toute leur étendue. Des arbres de tout âge et d'espèces différentes croissent les uns à côté des autres ; des troncs écroulés se pourrissent sur place; des ronces rampent sur le sol; des Smilax, entrelacés de Convolvulus, grimpent sur les arbres. Il est rare que l'on y entende retentir la cognée et jamais on n'y rencontre ces attelages qui chez nous emportent continuellement le bois des forêts pour le transporter par les routes forestières vers les centres industriels : de temps en temps on rencontre de pauvres affouageurs qui emportent sur la tête une charge de ramilles. Les bêtes fauves y sont inconnues et l'on se borne à y chasser quelquefois le lapin, le ramier et d'autres oiseaux, seuls hôtes de ces paisibles forêts.

Lorsque l'on fait l'ascension du Pic de Teyde, géant alpestre de l'Océan atlantique dont les navigateurs saluent au loin la cîme pyramidale, on voit se dérouler à mesure que l'on s'élève plusieurs zones de végétation qui se transforment insensiblement l'une dans l'autre. Jusqu'à 300 mètres environ au-dessus du niveau de la mer on est accompagné par une flore tropicale avec ses Dragonniers, ses Dattiers, ses Bananiers et ses Agaves (*Agave americana*). L'Opuntia (*Opuntia Ficus-indica*) appartient à la même région ; cette Cactée arbores-

cente et dont l'aspect est si bizarre, est plantée dans les îles Canaries où sa culture est d'une grande importance pour l'élève de la cochenille. Il en est de même pour l'Oranger, le Goyavier (*Psidium pyriferum* et l'Anonier (*Anona squamosa*) cultivés comme arbres fruitiers. L'Olivier, le Figuier et le Tamaris (*Tamarix canariensis*) s'élèvent un peu au-delà. Le Châtaignier, ainsi que l'Arbousier (*Arbutus canariensis*), arbre qui est devenu rare, à tige lisse et de couleur de rouille, dont l'écorce s'écaille chaque année comme celle du Goyavier, s'élèvent jusqu'à 950 mètres et au-delà. A cette altitude commencent les taillis qui se transforment petit-à-petit en haut-taillis, dont les futaies consistent, jusqu'à 950 mètres de hauteur supramarine, en Laurinées auxquelles viennent insensiblement se mêler des Pins des Canaries. Ceux-ci empiètent de plus en plus sur le terrain et finissent par supplanter les Lauriers. Ils forment, à 1250 mètres environ, la plus belle forêt de Conifères que j'ai jamais vue. Ces Pins ne sont jamais très-serrés les uns contre les autres et ne forment pas de plantations compactes, mais le sous-bois composé d'*Erica arborea*, de *Myrica Faya*, d'*Ilex perado* et d'*Ilex canariensis*, est en revanche d'autant plus touffu. Lorsque je parcourus cette forêt, au mois de mai 1857, la Bruyère était chargée de fleurs blanches ; l'Asphodèle rameuse (*Asphodelus ramosissimus*), depuis longtemps fanée dans la région inférieure, étalait ici ses fleurs étoilées sur des tiges d'un mètre et demi de hauteur ; par contre, on regrettait de ne pas revoir les magnifiques roses de Cistes qui plus bas embellissaient les forêts de Laurinées. Les Pins sont, en général, très-âgés et d'une hauteur de 40 à 55 mètres ; leurs troncs, que trois hommes ne parviennent souvent pas à embrasser, sont surmontés d'une cîme dont la base touche au taillis, et qui, dans un âge avancé, a la forme d'un dôme comme celle des vieux Sapins, tandis que pendant sa jeunesse elle ressemble plutôt à celle des Epiceas. Les aiguilles, invaginées par trois, sont, sur la montagne, longues de 15 centimètres environ, mais elles s'allongent dans les vallées où elles atteignent jusqu'à trois décimètres ; dans ce cas l'arbre s'élève moins haut et sa cîme s'étale davantage, dans le genre de celle du Pin Pignon. Les cônes sont pendants, lignifiés et larges de 20 centimètres. Les jeunes plants se développent à l'ombre des taillis, et des arbres appartenant aux générations les plus différentes sont entremêlés à leurs ancêtres, ce qui se manifeste surtout dans les régions supérieures avec le dépérissement du sous-bois. La Bruyère atteint jusqu'à 1560 mètres d'altitude, le Pin s'élève encore à 2-300 mètres plus haut, mais il est alors plus chétif

et plus rabougri, ses feuilles sont plus courtes et il couvre seul le terrain. A cette hauteur, le sol devient aride et consiste en une pierre-ponce (*Bimstein*) d'un blanc jaunâtre : çà et là se montre une touffe d'Esc abon (*Cytisus proliferus*) à fleur blanche. Le *Retama blanca* (*Cytisus nubigenus*) va un peu plus haut encore ; il forme au-delà de la limite supérieure des Pins, des buissons globuleux et isolés surtout sur le versant méridional; il est plus clair-semé du côté du Nord, et il forme, à 2825 mètres environ, la limite de la végétation du pic. — On sait que Alexandre de Humboldt a donné la première description du pic de Ténériffe et qu'il lui a servi de base pour fonder une science nouvelle et importante, la géographie botanique. Ce pic est, en effet, très-propre à démontrer la dépendance des formes végétales à l'égard des conditions climatériques. De mille en mille pas, on change de climat et l'on passe d'une végétation à une autre. La flore tropicale prédomine dans la région inférieure ; les Laurinées dans la seconde ; les Pins dans la troisième ; le Retama (Cytise) dans la quatrième ; et enfin toute végétation cesse dans la dernière zone (1). — Les grandes Canaries possèdent de belles forêts de Pins, qui dominent à l'altitude de 1500 à 1900 mètres. Plus bas ce même arbre ne forme plus de plantations, mais se rencontre isolément et sous un aspect différent. Les bois de Lauriers s'élèvent, à Madère, où manquent les forêts de Conifères, jusque près de 1600 mètres de hauteur. Dans la région inférieure de la côte méridionale, on a planté des Pins pignons (*Pinus pinea*) et des Pins pinastres (*Pinus pinaster*.)

Certaines parties des Canaries ne sont pas boisées et semblent ne l'avoir jamais été. Telles sont, par exemple, la partie antérieure de Ténériffe avec ses *Barancas* ou ravins rocailleux et déchiquetés, et les côtes onduleuses des Grandes-Canaries. Ces régions sont habitées par un petit nombre d'arbres et d'arbustes, parmi lesquels le plus remarble est l'Euphorbe (*Euphorbia canariensis*) dont les tiges anguleuses et aphylles s'élèvent au-dessus des roches nues (Fig. 212). Cette espèce ne croît jamais en société, mais elle développe à de grandes distances l'un de l'autre, des groupes compactes de colonnes qui, paraît-il, appartiennent toutes à une seule et même plante; la tige principale émet au niveau du sol d'innombrables rameaux qui s'élèvent

---

(1) D'après les mesures les plus récentes, le pic de Teyde est élevé de 4080 mètres environ (15000 pieds); son sommet ne reste couvert de neige que jusqu'au commencement du mois de mai.

verticalement et qui se ramifient à leur tour de la même manière, de telle sorte qu'il n'est pas rare de rencontrer des pieds qui ont six mètres de diamètre sur trois à quatre mètres de hauteur. Ces plantes

Fig. 212.



se détachent de loin sur la couleur foncée des rochers, sous la forme de taches vertes : elles servent aux habitants, qui manquent d'autres bois, de combustible, au feu duquel ils font cuire leurs poissons. On trouve sur les *Barancas*, outre l'*Euphorbia canariensis*, un autre arbre remarquable, le *Kleinia nereifolia*, de la famille des Composées et qui porte en hiver de superbes corymbes de fleurs jaunes. Enfin, l'*Euphorbia piscatoria* et l'*Euphorbia balsamifera*, étalent leurs feuillages et forment des buissons élevés, et l'Opuntia élève ses rameaux articulés par-dessus la masse de ces roches sauvages. De ces deux Euphorbes que nous venons de citer, la dernière n'est pas dangereuse, mais le latex de la première, l'*Euphorbia piscatoria*, qui s'écoule sous la forme

Fig. 212. Un groupe d'*Euphorbia canariensis* sur le Barancas de Santa Cruz.

d'un liquide blanc comme de la crême, est réputé très-vénéneux : ses branches fraîches servent à prendre le poisson de la même manière que chez nous l'on se sert des coques du levant. Lorsque les insulaires veulent récolter du bois de l'*Euphorbia canariensis*, ils doivent au préalable tuer la plante ; dans ce but ils allument tout autour de l'une d'elles un grand feu flambant qui fait fondre un enduit cireux dont les branches sont recouvertes, par là les stomates se bouchent et la plante meurt en se desséchant petit-à-petit. La grande Euphorbe, que Trémeaux signale sur la montagne de Dar Foq, où elle croîtrait en arbre à une hauteur de plus de 8 mètres, ne saurait être l'*Euphorbia canariensis*, cette espèce se ramifiant toujours au niveau du sol.

Si la forêt méridionale est déjà beaucoup plus riche et plus variée en arbres et arbustes que celle de notre zone tempérée, la forêt tropicale est cependant, de l'avis unanime de tous les voyageurs, beaucoup plus riche et plus variée encore. Son aspect doit donc être tout différent. En général, elle ressemble à nos promenades publiques en ce que aucun taillis ne se développe jamais sous la futaie. Cependant, d'après Alexandre de Humboldt, l'impénétrabilité des forêts vierges proviendrait bien plus des taillis que des lianes grimpantes. C'est à l'extrême puissance de la lumière tropicale dont les rayons tombent verticalement qu'il faut, sans aucun doute, faire remonter la cause de cette exubérance de végétation. Des arbres puissants et élevés y forment des groupes isolés ou bien s'élèvent, comme chez nous, pardessus des taillis ; leur feuillage moins abondant est par contre plus serré. Alexandre de Humboldt (1) nous a donné un admirable tableau de l'inextricable confusion qui s'établit entre les branches des arbres les plus élevés près des sources de l'Orénoques où la végétation est tellement impénétrable que le Jaguar lui-même, ne sachant où poser ses griffes sur le sol, vit sur les arbres au grand effroi des singes.

(1) V. Alexandre de Humboldt. *Tableaux de la Nature.*— H. Schacht, *Madeira und Tenerife mit ihrer Vegetation*, Berlin, 1859.

XI.

La forêt et son importance.

On ne saurait mettre en doute l'importance des forêts. En effet de quelque côté que nous dirigions les regards, ils tombent sur des produits forestiers : nos habitations, nos meubles, nos vaisseaux et nos chemins de fer, voire même nos mines ne pourraient être, s'il n'existait pas de forêt. Sans combustibles nous serions accablés par les froids de l'hiver ; la plupart des aliments demandant à être préparés sur le feu ne nous seraient d'aucune utilité ; la force de la vapeur nous serait inconnue et elle ne nous transporterait pas à travers les continents et les mers, si la forêt ne nous donnait ou ne nous avait donné tout cela.

L'extension des cultures est aussi en rapports intimes avec les forêts, mais il est déplorable que l'agriculture ait été jadis la plus terrible ennemie du boisement et que de nos jours il en soit encore quelquefois ainsi. L'Allemagne était naguère couverte d'épaisses forêts de Chênes et de Hêtres, tandis qu'en ce moment les belles plantations y sont rares et restreintes. Des montagnes arides et de vastes landes ont remplacé en maints endroits des bois touffus ; or, à quoi servent ces sables arides et que rapportent ces bruyères ? alors surtout que les forêts dont elles ont pris la place, abattues sans raison ou par pur intérêt personnel, seraient pour nous de précieuses richesses. La rareté du bois devient de jour en jour plus sensible et son prix suit une progression incessante. La houille et les lignites ne s'accroissent pas et les dépôts de tourbe s'accumulent avec une extrême lenteur dans les marais ; bien que nous soyons assurés d'y trouver une réserve de combustibles suffisante encore pour des milliers d'années, il n'en est

pas moins certain qu'elle doit finir par s'épuiser. Il semble que l'on s'en rapporte aveuglement à la découverte éventuelle de nouveaux bassins houillers et que dans cette persuasion on anéantisse les dons de la nature : les forêts tombent l'une après l'autre sous nos coups, et nous n'avons nul souci d'élever de nouvelles plantations à leur place ; aussi préparons-nous à nos enfants bien des misères et des ennuis, et nous attirons-nous leurs malédictions sur nos têtes.

Les plantations arborescentes sont indispensables au bien-être de l'humanité : elles exercent une influence prépondérante sur le climat, sur la température, sur le degré d'humidité et même sur la fertilité du sol. Tous les corps de la nature sont dans une dépendance mutuelle, comme les engrenages d'un mécanisme, et la matière y est sans cesse en mouvement. La plante puise dans l'air de l'acide carbonique et d'autres produits gazeux ou volatils que les animaux exhalent ou qui se développent par les phénomènes naturels de la décomposition. De son côté, le végétal lance dans l'atmosphère de l'oxygène qui est repris par les animaux et utilisé par eux. Or, l'arbre présente, au moyen de ses feuilles et de ses jeunes branches herbacées, une surface considérable d'absorption et d'évaporation ; il s'approprie le carbone de l'acide carbonique pour le fixer dans le bois, dans la fécule et dans une foule d'autres composés. Il en résulte qu'une forêt soutire hors de l'air, par ses nombreuses surfaces d'absorption, beaucoup plus de gaz que les prairies et les champs cultivés et qu'elle exhale proportionnellement une quantité beaucoup plus considérable d'oxygène. L'influence des forêts sur la composition chimique de l'atmosphère est, en un mot, de la plus haute importance.

Les arbres feuillus perdent chaque année leur feuillage de la manière la plus régulière, et les feuilles des Conifères finissent elles-mêmes par se détacher au bout de quelques années. Par la chute des feuilles, une grande partie des substances minérales que les racines avaient absorbées retournent au sol. De plus, les matières organiques des feuilles sont pour la terre une riche source d'humus : l'humidité se conserve sous l'ombrage des bois, de sorte que la décomposition des feuilles mortes peut se faire d'une manière normale et que le terreau augmente chaque année d'épaisseur sur les terrains forestiers.

L'eau est l'agent le plus indispensable à la vie de toutes les plantes et de tous les animaux ; sans eau, la diosmose est impossible et sans diosmose, la vie ne saurait se manifester. Or, les forêts soustrayent de l'atmosphère une quantité considérable de liquide et elles ne lui en rendent

pas moins par leur exhalaison. Dans les contrées boisées, l'atmosphère est généralement humide; les pluies et la rosée viennent y féconder la terre. De même que le paratonnerre soutire le fluide électrique des nuées orageuses, de même la forêt attire sur elle la pluie des nuages, qui en tombant ne la rafraîchit pas seule, mais qui étend ses bienfaits sur les champs voisins. Il est remarquable que dans le voisinage des forêts d'arbres feuillus il existe presque partout des terres arables d'une grande fertilité(1). La rosée étant la précipitation de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère par suite du refroidissement déterminé par le rayonnement à la surface de la terre, il en résulte que l'air doit être saturé d'humidité là où la rosée se dépose. Or le sable stérile et le rocher aride ne pouvant donner que peu ou point de vapeur d'eau, ne peuvent non plus être rafraîchis par la rosée. Il en est tout autrement pour une forêt; celle-ci présentant une surface considérable d'évaporation donne à son propre sol et à toute contrée avoisinante une rosée abondante et vivifiante. Il tombe, il est vrai, moins de rosée sur une futaie élevée et touffue que sur les prairies qui l'environnent, lesquelles s'échauffant davantage pendant le jour sous l'influence de l'insolation, se refroidissent également avec plus de rapidité par le rayonnement. Mais il est a remarquer que ce fait doit être en partie attribué aux forêts : en effet, les couches d'air les plus denses, saturées d'humidité et qui planent au-dessus des forêts, s'abaissent par une soirée fraîche et calme, comme un nuage, sur la vallée, et le matin des perles de rosée scintillent sur les feuilles de la prairie et sur les fleurs des champs. Les forêts, en un mot, exercent dans l'intérieur des continents la même influence que celle de la mer sur le climat des îles et des côtes; l'une et l'autre arrosent le sol et par là lui assurent sa fertilité.

La plupart des fleuves jaillissent, comme on sait, des montagnes boisées et par ce moyen les forêts assurent à une contrée la conservation de ses cours d'eau. La forêt est la mère des fleuves dont elle alimente continuellement les sources : celles-ci tariraient sans plantations.

---

(1) D'anciens historiens racontent qu'un Laurier (*Oreodaphne fœtens?*) célèbre, situé à Hierro (Ferro), fournissait jadis de l'eau potable aux habitants de l'île : cette eau s'écoulait goutte à goutte et sans interruption de son feuillage; on la recueillait dans des citernes. Chaque matin la brise de mer poussait un nuage auprès de l'arbre miraculeux qui l'attirait au-dessus de son énorme cîme (*Historia de la conquista de las siete islas de gran canaria*, por Juan de Abreu Galindo, 1632, p. 47). L'arbre a depuis longtemps disparu et avec lui s'est évanoui dans l'île le souvenir de la tradition.

Les larges et impétueux torrents de l'Amérique du Nord surgissent du sein des forêts primitives qui leur fournissent des masses d'eau considérables, et ils ne tarderaient pas à disparaître si ces forêts étaient abattues. Il est vrai que le vent jette aussi des nuages sur les sables arides, mais à quoi l'eau peut-elle servir à une terre stérile qui la rend aussi rapidement qu'elle la reçoit, puisqu'il n'existe aucune plante pour la retenir. Le nombre des espèces susceptibles de croître sur un sable sec est fort limité parce qu'il y a peu de plantes en état de conserver longtemps leur humidité. Les Cactées et les Euphorbes aphylles sont à peu près les seuls habitants des landes tropicales. Notre *Elymus arenarius* (Sandgras) parvient aussi à se développer sur le sable mouvant, et il est susceptible de rendre par là de grands services en fixant ces terrains au moyen de ses énormes racines. Cette plante nous montre qu'il est possible de revêtir petit-à-petit d'un nouveau tapis de verdure les steppes les plus arides (1).

Lorsque la neige et la glace s'amoncèlent en hiver sur les montagnes, elles fondent rapidement sous l'influence du soleil printanier. Aussitôt les torrents s'enflent ; ils se précipitent dans les ravins et tombent avec violence les uns sur les autres ; et cette masse d'eau pénètre dans les vallées avec une force irrésistible. Mais qu'une forêt recouvre les flancs de la montagne ou que les ruisseaux coulent à travers des champs fertiles, alors la scène change complétement d'aspect. Une grande partie de la neige est déposée sur les arbres ou tombée entre eux ; l'eau qui en provient lors de la fonte est soutirée et retenue par la terre végétale qui recouvre le sol. Mais s'il n'y a pas de terre meuble en état de s'imbiber d'eau, celle-ci va aussitôt grossir le niveau des fleuves. Depuis que les forêts ont disparu ou qu'elles ont été éclaircies au-delà de toute nécessité, les débordements des fleuves, au printemps surtout, ont acquis une fréquence inconnue naguère. Il est incontestable que les horribles ravages causés pendant ces dernières années par les innondations de la Loire et de la Vistule, doivent être en grande partie attribués à un déboisement excessif (2).

---

(1) On a récemment préconisé pour le même usage, le vernis du Japon (*Ailanthus*). (*Note du traducteur*).

(2) Le *Times*, dans une correspondance de Calcutta, en date de Calcutta le 22 août 1856, rapporte le fait suivant : La diminution progressive de l'eau dans le district du Nord-Ouest, la disparition d'anciennes sources, etc., sont attribuées à la destruction d'anciennes forêts ; et les mêmes phénomènes dont on se plaint en Europe, notamment en France, se reproduisent déjà aux Indes (*Gazette de Cologne*, n° 281, 1856).

La crête d'une montagne, une muraille ou une forêt sont des abris naturels contre le vent. Sous ce rapport la protection que la futaie exerce dans maint pays plat n'est pas sans produire une salutaire influence : à couvert des atteintes du vent, le jeune plant forestier prospère, les champs se développent mieux ; les sables mouvants rencontrent en elle une barrière infranchissable et l'influence nuisible des vents secs est détournée.

Il est, en outre, incontestable que les forêts exercent l'influence la plus bienfaisante sur la température d'une contrée. L'état sanitaire des hommes et des animaux domestiques, ainsi que la croissance des plantes cultivées, sont dans une dépendance immédiate du climat d'un pays : or, plusieurs épidémies, naguère inconnues, peuvent être attribuées à un changement dans l'état de l'atmosphère et celui-ci provient peut-être de la diminution des forêts (1).

D'après ce que nous venons de voir la fertilité d'une contrée est sous la dépendance de ses forêts, puisque celles-ci favorisent plus ou moins la formation de l'humus, la précipitation de la rosée et la chute de la pluie, qu'elles entravent les débordements des fleuves, qu'elles mitigent l'influence néfaste des mauvais vents, et qu'elles favorisent la végétation dans les champs et dans les prés. L'extrême fertilité de certaines régions tropicales est, comme nous le démontrerons pour Madère et les Canaries, en grande partie la conséquence de l'extension des forêts, au moyen desquelles les fleuves conservent leur eau même pendant les sécheresses et continuent ainsi à entretenir la fraîcheur dans les plaines.

Les champs et les forêts ne sont d'ailleurs pas tellement opposés qu'ils ne puissent subsister ensemble : le terrain où l'une croît ne convient pas toujours à l'autre. Ainsi, par exemple, à une certaine altitude, sur le penchant de beaucoup de montagnes de nature rocheuse, on ne saurait cultiver des champs avec avantage tandis que ce terrain convient parfaitement aux forêts. Beaucoup de hauteurs, à peine recouvertes aujourd'hui d'une chétive végétation, étaient jadis boisées. La couche d'humus qui s'était produite à l'ombre et à l'abri de la forêt a disparu avec elle ; chaque nouvelle pluie entraînant les principes solu-

(1) M. S. Moreau de Jones a démontré, dans un mémoire sur l'influence du déboisement, le rôle important exercé par les forêts sur la composition de l'atmosphère. Les forêts modifient la température d'un pays, elles favorisent l'abondance des pluies, elles protègent contre les ouragans, elles purifient l'air et elles contribuent à la fertilité du sol. Ces assertions sont appuyées par de nombreux résultats statistiques. —Th. Döhner (*uber die verderblichen Folgen, etc.*, Leipzig, 1851), a été conduit à des conclusions identiques.

bles est une nouvelle perte pour le terrain, qui, s'appauvrissant sans cesse, finit par devenir d'une stérilité absolue. Si l'on avait agi avec discernement en laissant aux forêts ce qui leur appartient, nous jouirions encore de tous ses avantages sans que rien ne manque à nos légitimes exigences.

Nous sommes loin de prétendre que nous puissions nous passer de terres arables plutôt que de forêts : nous reconnaissons, au contraire, qu'il est de toute justice de défricher les bois là où l'on a besoin de terres et surtout où celles-ci peuvent réellement fournir de bons produits. Mais la destruction des forêts ne devrait jamais dépasser les limites du nécessaire ; jamais un bénéfice momentané ne devrait seul décider de la chute d'une forêt et il ne devrait jamais être permis de les détruire là où le blé ne saurait pas croître. Lorsque l'on frappe une forêt, on devrait toujours songer aux moyens de la remplacer par une nouvelle plantation d'arbres.

Les prairies, les champs de céréales ou d'autres plantes herbacées, exercent, comme tout tapis végétal, une influence sur le sol et l'atmosphère. De plus, ces végétaux amélioreraient le terrain, si on ne les moissonnait pas tous les ans, leur récolte enlevant chaque fois de la terre des substances nutritives tant minérales qu'organiques, tandis que la forêt accumule des matières organiques par la chute continuelle de ses feuilles. Les champs doivent être engraissés ; les forêts se fument d'elles-mêmes. L'action que les prés et les champs exercent sur la composition de l'atmosphère est la même que celle des forêts, mais dans des limites beaucoup plus faibles, leurs surfaces d'absorption et d'exhalaison étant beaucoup plus restreintes. Les champs de blé et les terres labourables ne peuvent donc remplacer les forêts ; ils n'ont pas, comme celles-ci, le pouvoir de retenir d'une manière aussi complète l'humidité dans le sol et surtout d'imprimer aux éléments une circulation aussi énergique. Le rapport à établir entre les terres arables et les sols forestiers doit être basé sur les conditions spéciales du sol et du climat d'un pays. Cette question constitue l'un des problèmes les plus difficiles, mais aussi les plus beaux, de la véritable économie politique, et de sa solution dépendent, jusqu'à un certain point, le développement et la prospérité des populations.

Certaines régions actuellement en friches ont pu être stériles de tout temps. Le Sahara n'a jamais pu être couvert de végétation depuis aussi longtemps qu'y règne le Sirocco, dont le souffle dessèche tout, qui balaye tout sur son passage et qui soulève sur sa route des mon-

ticules de sable. Il en est de même des trois déserts du groupe de Madère, ainsi que de Lanzarote et de Fuerta ventura, les deux îles Canaries qui sont les plus rapprochées du continent africain. Ces îles ne possèdent pas de hautes montagnes et, d'après les traditions historiques, elles n'ont jamais été boisées, les forêts ne commençant sous ces latitudes brûlantes qu'à une altitude de 950 mètres environ au-dessus du niveau de la mer. Mais d'autres contrées qui ressemblent aujourd'hui à de vastes déserts, étaient autrefois boisées.

D'après Jules César (1) et d'autres historiens romains, l'Allemagne était jadis couverte de plantations immenses. Il en était de même de la Grèce, au dire d'Hérodote et de Thucydide. Diodore (2) rapporte que l'Espagne fut désolée par un vaste incendie de ses forêts qui s'étendit sur une étendue considérable de son territoire. Sous la domination romaine, ces provinces méridionales étaient encore très-riches en bois : actuellement les forêts sont reléguées sur les montagnes et elles sont, en général, réduites à l'état de taillis : elles se composent surtout de Chênes toujours verts, notamment de Chênes-liéges ; de petites plantations de Pins pignons sont éparpillées sur les côtes, par exemple à l'embouchure du Guadalquivir. Les anciennes forêts ont depuis longtemps disparu de l'Andalousie et à leur place il existe aujourd'hui des plantations d'Oliviers mêlées à un taillis assez épais de Mûriers et de Grenadiers et entrecoupées de nombreux pélerinages ; d'épaisses bordures d'Agaves longent les deux côtés des chemins et portent en été des inflorescences qui ressemblent à de gigantesques candelabres. La flore ligneuse de ce pays est pauvre et ne se compose guère que d'arbres fruitiers, de Figuiers et d'Orangers ; l'intérieur est occupé par de vastes landes stériles revêtues de Lavandes et de Romarins.

D'après les anciennes traditions portugaises, la partie méridionale de Madère aurait été jadis boisée jusqu'à la mer et ces forêts auraient été anéanties par un incendie terrible qui dura trois ans, et même sept ans d'après d'autres, et qui aurait obligé les premiers colons à se réfugier sur leurs vaisseaux. Bien que ces récits paraissent fabuleux ou au moins entachés d'exagération, il est cependant hors de doute que la partie libre du sud de l'île a été boisée dans les bas-fonds jus-

(1) Cœsar, *De bello Gallico,* VII. 10.—Tacitus. *De Morum germ.,* 28. 30.—Plinius *Hist. Nat.* XVI. 1. etc.

(2) Diodor. *Sic.* V. 35.

qu'au rivage de la mer : on trouve actuellement encore des ravins semblables sur la côte septentrionale, près de l'embouchure du Ribeira de Janella. Dans le Sud, de grandes étendues sont encore boisées, à une élévation de 950 mètres au-dessus du niveau de la mer ; dans le Nord les hautes montagnes sont partout couvertes de bois touffus, et un taillis de petits arbustes descend très-bas vers le rivage. Il pleut pendant l'été dans les vallées boisées de l'île, tandis que les régions méridionales dépourvues de forêts ne reçoivent pas une goutte d'eau depuis le mois de mai jusqu'en octobre. Les fleuves qui proviennent d'une montagne élevée et boisée ne tarissent jamais et leur eau est conduite par d'ingénieux aqueducs (*levadas*) à travers les régions inférieures de l'île pour irriguer les champs pendant la période des sécheresses. Cette haute montagne est presque tous les jours enveloppée de nuages depuis le mois de septembre jusqu'en juin et il n'est même pas rare qu'ils se montrent encore pendant les mois les plus chauds de l'été. L'île de Ténériffe était, dit-on, boisée jadis sur une étendue considérable ; elle consiste en une vaste plaine au centre de laquelle surgit le pic qui est encore en partie boisé. La partie méridionale de l'île est en quelque sorte brûlée pendant l'été, tandis que la partie septentrionale, bien que pauvre en bois, est, au contraire, fertile par suite du voisinage de la zone boisée de la montagne ; ses fleuves, comme ceux de Madère, ne sont jamais à sec. Presque toutes les plantations, situées ici dans des bas-fonds, fournissent aux fleuves des sources qui ne tarissent jamais et elles ont par suite de cela reçu des noms accompagnés du qualificatif *Agua*, tels que Agua mercedes, Agua Esperanza, Agua Garcia, Agua Manza, Monte del Agua, etc. Les grandes Canaries, dont les hautes montagnes abondent en forêts, n'éprouvent nulle part de manque d'eau, tandis que les vastes îles de Lanzarote et de Fuerta ventura, hérissées d'innombrables cratères coniques dépourvus de toute végétation arborescente, ne possèdent pas de source en été et l'eau doit y être conservée dans des citernes. Les îles Canaries démontrent donc d'une manière indubitable l'influence que les forêts exercent sur l'humidité atmosphérique.

Les forêts des montagnes de la Thuringe se sont beaucoup appauvries et la valeur du bois a augmenté. Par suite de ces faits, l'administration actuelle n'abat que la quantité de bois strictement nécessaire et veille à un repeuplement convenable. Les forges et les fonderies, exclusivement alimentées par du bois, consument beaucoup et l'exploitation des mines en consomme tout autant. En outre, les fours étant

mal établis et les habitations légèrement construites et fermant mal, on brûle plus de bois qu'il en faudrait si les choses étaient mieux ordonnées. Des dévastations de diverses natures aggravent encore le mal. C'est ainsi que la forêt a dépéri d'année en année et il faudra encore du temps pour la relever.

Mais comment relever les forêts ? — 1° Par la culture et l'aménagement ; 2° par une recrue convenable et 3° par la plantation de nouveaux bois.

Il ne devrait être permis d'abattre du bois que là où y il a nécessité, en d'autres termes, quand on a besoin de ses matériaux et que la coupe est avantageuse à la forêt elle-même. Les arbres qui n'ont pas encore achevé leur croissance et qui n'ont par conséquent pas encore atteint leur développement complet ne devraient être sacrifiés qu'en cas de nécessité la plus absolue. Mais on doit frapper les plantations des vieux arbres dès l'instant où leur accroissement ne se continue plus d'une manière convenable, puisque dès lors leur rapport diminue et que l'ancien bois ne s'améliore plus. Dans ce cas, le sol pourrait être utilisé avec beaucoup plus d'avantage par la végétation d'une nouvelle plantation.

Lorsque l'on abat des arbres, c'est un devoir social que de veiller immédiatement à leur progéniture et de ne jamais laisser longtemps en friche des terrains dégarnis. Si on ne les consacre plus à une nouvelle forêt, on doit les convertir immédiatement en terres labourables. D'ailleurs, à la place où s'élevaient des bois d'arbres-feuillus ou de Conifères au feuillage abondant tels que des Epiceas ou des Sapins, on est toujours assuré de recueillir de bonnes moissons à cause de l'abondance d'humus qui s'est accumulé dans le sol.

On n'éprouve pas de difficultés d'établir une nouvelle forêt sur une terre de bonne qualité et bien protégée, mais il est au contraire souvent difficile, sinon impossible, de boiser des terrains appauvris par le recépage ou par toute autre cause, et exposés depuis longtemps à l'ardeur du soleil et au souffle du vent. Or, c'est précisément le boisement de ces terrains qui préoccupe le plus les gouvernements. Il y a en pareille circonstance un triple obstacle à surmonter : 1° l'absence totale d'humus dans le sol et la difficulté de fumer les pentes des montagnes, puisque chaque pluie entraîne de l'engrais péniblement apporté ; 2° l'absence complète d'ombrage en été, les jeunes plants qui exigent un abri ne pouvant croître dans ces conditions ; 3° l'influence pernicieuse des vents froids qui soufflent en automne et en hiver.

La première objection est peut-être la plus facile à écarter au moyen de la plantation d'un végétal herbacé ou frutescent, approprié à la nature du sol. Il faut, sous ce rapport, porter son attention sur les espèces munies de nombreuses racines qui empêchent les terrains inclinés d'être entraînés par les pluies. Ces plantes doivent être cultivées pendant plusieurs années et enfouies en vert au moyen des labours. Le Sand-gras (*Elymus arenarius*) et d'autres plantes peu exigeantes, conviennent très-bien pour les terres sablonneuses : on les sème ensemble et on les laboure pendant plusieurs années ; puis on peut leur faire succéder le lupin. Il est probable que l'entrelacement des racines finirait par consolider tout-à-fait le terrain, qui s'améliorerait en outre par la réserve d'humus qui se déposerait insensiblement dans le sol. Après ces opérations préliminaires on pourrait tenter la culture des arbres.

Le Pin, le Bouleau, le Tremble et l'Aune pyramidal supportent beaucoup de soleil : on doit donc commencer par leur culture. Lorsque l'on a établi un haut-taillis au moyen de ces essences, on peut incontestablement tenter d'élever à leur ombre d'autres espèces, telles que le Chêne, le Charme, etc.

L'expérience a prouvé que les terrassements ou les barrières de planches étaient, en général, des abris insuffisants contre l'action du vent. Il est donc préférable de choisir des essences qui supportent, avec une égale énergie, les rayons du soleil en été et la rudesse du climat hivernal. Sous ce rapport, le Pin offre de grands avantages ; il se contente de peu et possède une grande force de résistance.

N'étant pas forestier de profession, nous ne pouvons donner que des avis scientifiques sur l'établissement de nouvelles forêts. Les données de la théorie rencontrent souvent des obstacles imprévus dans la pratique, mais c'est pour celle-ci un devoir de tenter l'application des principes que la science lui présente. Souvent ces essais sont récompensés par d'éclatants succès, et, s'ils échouent c'est, plus souvent qu'on ne l'avoue, parce que l'application a été inhabile ou incomplète.

Toute recherche est un problème dont le succès est la solution, et si la question est bien posée, la réponse ne peut tarder à être résolue. La Nature ne se refuse jamais à nous répondre, mais le difficile est de savoir bien la questionner.

XII.

L'harmonie du règne végétal.

De même qu'un État ne saurait subsister sans lois, de même le règne de la nature est gouverné par des lois régulières. La plante et l'animal naissent, croissent et vivent suivant des principes parfaitement déterminés.

On ne peut découvrir les lois de la nature que par l'observation et la comparaison judicieuse des faits, aussi nous sont-elles encore imparfaitement connues.

Nous admettons généralement comme vraie une loi qui peut s'appliquer à tous les cas connus : à cette classe appartiennent dans les sciences naturelles, les lois de la formation des cellules, de la reproduction sexuelle, de la multiplication agame, ainsi que les lois de la nutrition. Ici il n'y a en principe aucune exception.

Dans le règne végétal et, de l'aveu de la plupart des zoologistes modernes, dans le règne animal, jamais une cellule ne se forme en dehors des cellules préexistantes : les nouvelles cellules naissent au contraire, toujours dans l'intérieur d'une cellule-mère. Chez les plantes, cette formation peut se faire de deux manières, soit par division de tout le contenu d'une cellule en deux, quatre (ou plus?) parties, qui se transforment chacune en une nouvelle cellule-fille tandis que la cellule-mère cesse de vivre comme cellule ; soit par la formation d'un nombre indéterminé de nouvelles cellules au moyen d'une partie du contenu d'une cellule-mère, auquel cas celle-ci peut encore continuer à vivre longtemps. La multiplication des cellules par division est plus ordinaire que le second mode, dont l'extension est beaucoup moindre.

La reproduction sexuelle ou la fonction de génération consiste, dans les deux règnes, en un accouplement direct d'une cellule rudimentaire formée dans l'appareil femelle (vésicule germinative ou globule protoplasmatique chez les végétaux) avec une matière développée par l'appareil mâle. Cette matière contient, chez les animaux et chez les cryptogames, des éléments mobiles (les spermatozoïdes et les anthérozoaires) parmi lesquels il en est un ou plusieurs qui se précipitent vers la matière femelle et y pénètrent. Rien de semblable n'a été observé jusqu'ici dans l'organe mâle des phanérogames, chez lesquelles la fécondation paraît être accomplie par le contenu du tube pollinique à la suite de son mélange direct avec le protoplasme d'un corpuscule embryonaire (vésicule embryonaire): ce mélange a pour effet de transformer le globule protoplasmatique en la première cellule du nouvel embryon.

La multiplication agame consiste chez les plantes les plus inférieures, dépourvues d'axe et d'organes appendiculaires, dans la séparation individuelle de certaines cellules végétatives susceptibles de se développer en un nouvel individu; chez les végétaux caulinaires et pourvus de feuilles, mais dont le système vasculaire n'est pas encore développé, comme les Mousses frondifères et les Hépatiques, elle s'opère par la formation d'un corps pluricellulaire susceptible de se détacher sous cette forme de la plante-mère. Les végétaux supérieurs enfin, doués d'un système fibro-vasculaire, se multiplient au moyen de véritables bourgeons, ordinairement très-développés et qui se séparent du pied-mère. La multiplication agame n'est jusqu'ici connue dans le règne animal que dans les familles inférieures.

La nutrition consiste dans l'absorption de substances alimentaires et dans leur assimilation pour les besoins de l'organisme, ainsi que dans l'exhalaison des principes que celui-ci ne peut plus utiliser. La structure des organes détermine ici le mode d'absorption et d'exhalaison, et sous ce rapport l'animal diffère essentiellement du végétal. La plante, n'étant constituée que de cellules, peut recevoir à travers ses parois cellulaires les substances dissoutes dans l'eau ou volatiles et elle peut rejeter de la même manière ses produits de secrétion; c'est encore par ses parois cellulaires et au moyen de la diosmose qu'elle entretient la circulation séveuse à laquelle le système fibro-vasculaire est spécialement affecté chez les végétaux supérieurs; en effet, la sève des dicotylédones monte par l'aubier et descend par l'écorce. Les choses se passent tout différemment chez l'animal : celui-ci peut s'approprier des aliments solides et rejeter des excréments de même na-

ture ; la circulation du sang se fait dans l'intérieur des canaux ouverts, reliés entre-eux et elle est réglée par une sorte de pompe, le cœur, qui détermine un courant ascendant et un courant descendant. La nutrition elle-même consiste, dans les deux règnes, en un procès chimico-physique, qui se trouve sous la dépendance de l'organisme entier et de chacun de ses organes.

De ces lois fondamentales nous pouvons passer à d'autres principes d'une grande importance, mais qui n'ont de valeur que pour certains organes déterminés, en d'autres termes dont l'application est moins générale. Parmi eux nous pouvons citer les lois de l'accroissement de la tige et de la racine, ainsi que l'organogénèse de la fleur.

L'axe ascendant croît par son extrémité parce que là se trouve le foyer de la formation des cellules, et que de nouvelles cellules se produisent incessamment dans le cône végétatif; en même temps les cellules internes ne servant plus à la multiplication, s'étendent suivant une direction longitudinale jusqu'à ce que la tige ait atteint le terme de son allongement. Les mérithalles d'un jeune rameau s'allongent de bas en haut et la lignification de ses faisceaux vasculaires se fait dans le même sens. Tout organe dont les cellules sont lignifiées ne s'allonge plus. — Lorsqu'un cône végétatif caulinaire émet au-dehors quelques jeunes cellules libres, il en résulte des organes appendiculaires, des feuilles notamment, qui se développent ensuite suivant le système particulier de leur nervation. — Le bourgeon caulinaire est l'ébauche d'une tige ou d'un rameau.

La racine s'allonge comme la tige par son extrémité, mais les plus jeunes cellules de son cône végétatif ne sont pas libres à la surface; elles sont, au contraire, couvertes d'un nombre plus ou moins considérable de couches cellulaires à peu près mortes et formant la piléorhize : de là vient que ce cône végétatif ne saurait produire des organes appendiculaires. Ses parties anciennes ne s'allongent pas, tandis que nous venons de rappeler que cela a lieu dans la tige. — Le bourgeon rhizogène est l'ébauche d'une racine.

L'accroissement en périmètre s'opère, pour les tiges comme pour les racines, au moyen d'une couche annulaire d'accroissement, la zone génératrice, interposée entre le bois et l'écorce. L'épaississement cesse aussitôt que cette zone devient inactive, comme on l'observe dans la racine des Cryptogames et de la plupart des Monocotylédones, dont la tige, à peu d'exceptions près, n'acquiert pas non plus un diamètre considérable. Les racines perpendiculaires du Gui s'allongent dans le

bois de la plante nourricière, et se conforment à la loi générale de l'accroissement des racines ; elles se trouvent par leur base dans l'anneau d'épaississement de la plante nourricière, et elles croissent en même temps que l'anneau ligneux de cette dernière. — L'apparition d'une zône génératrice horizontale sous le sommet d'une tige ou d'une racine provoque l'accroissement en longueur, et l'existence d'une zône génératrice perpendiculaire entre le bois et l'écorce détermine l'augmentation en épaisseur.

De même que le bourgeon peut développer un rameau, il peut de même produire une fleur. Celle-ci se compose d'organes appendiculaires, tels que les sépales, les pétales, les étamines et les carpelles, et d'une partie axillaire qui intervient plus ou moins dans la formation de l'ovaire. Dans la cavité de cet organe, on trouve des bourgeons qui se développent en ovules. Les étamines, qui sont les organes mâles, produisent le pollen, l'ovaire se transforme en fruit, et les ovules fécondés qu'il renferme deviennent les graines, dont l'embryon se transforme en une plante nouvelle.

En-dessous de ces lois générales de l'accroissement qui intéressent les organes principaux viennent se placer les principes d'organogénèse relatifs à la morphologie de certaines parties des plantes. Ceux-ci ont de l'importance dans telle ou telle famille ou pour certains genres ou seulement pour une espèce. On doit baser sur leur étude comparée les divisions systématiques en groupes, en familles, etc. Les particularités physiologiques de certains végétaux appartiennent à la même catégorie, et souvent elles sont en rapport avec la structure anatomique et avec la nature chimique.

Parmi les lois morphologiques, l'une des moins certaines est celle qui est relative au nombre ; dans la fleur par exemple, il est incontestable que l'élément numérique est sujet à un nombre considérable d'exceptions. Ces déterminations ne sont donc pas aussi importantes que les lois du premier et du second ordre ; elles sont d'ailleurs sous la dépendance de causes anatomiques et physiques, et, en outre, d'une quantité de facteurs isolés qui exercent de l'influence les uns sur les autres. Il en est de même des caractères physiologiques qui, pour les mêmes raisons, souffrent souvent des exceptions. Ainsi par exemple, une plante dont la vie normale est de deux ans, comme la Betterave ou la Chicorée, peut déjà dès la première année fleurir et fructifier. Sous certaines influences pathologiques, cette plante peut même élaborer dans ses tissus des composés chimiques différents de ceux qu'elle

produit ordinairement : on a vu, par exemple, la Betterave à sucre produire, sans doute par suite d'un état maladif, de l'amidon au lieu de sucre ; dans cet ordre de choses il y a donc peu de constance.

« Rien ne se fait dans la nature qui contredise ses lois générales et rien ne se fait qui ne s'accorde avec elles ou qui n'en découle. Car tout ce qui se fait, se fait par la volonté de Dieu et en vertu de ses décrets éternels, en d'autres termes tout ce qui se fait, se fait en vertu de lois et de principes qui cachent une nécessité éternelle et une vérité, quand même celles-ci ne sont pas dévoilées (1). »

(1) Spinoza. *Traité de Théologie politique.*



APPENDICE.

CLEF

POUR LA DÉTERMINATION, AU MOYEN DU MICROSCOPE, DES ESSENCES LES PLUS IMPORTANTES CITÉES DANS LE TEXTE (1).

I. — SANS VAISSEAUX.

Les Conifères (*Ephedra et Gnetum* exceptés).

A. Pas de conduits ni de cellules résinifères dans le bois. Abies.

B. Conduits résinifères dans le bois.

a). Cellules des rayons médullaires sans grandes ponctuations et sans épaississement déchiqueté.

α). Groupes de cellules cubiques lignifiées dans l'écorce la plus âgée. Picea.

β). Longues cellules lignifiées isolées dans l'écorce la plus âgée. Larix.

b.) Cellules des rayons médullaires avec de grandes ponctuations et un épaississement déchiqueté Pinus (2).

C. Cellules résinifères dans le bois; l'écorce pourvue de séries isolées de cellules libérines lignifiées, entourant la tige.

a). Cellules ligneuses avec cordon spiral. Taxus.

b). Cellules ligneuses sans cordon spiral. Cupressus, Juniperus.

II. — POURVUS DE VAISSEAUX.

Les arbres à feuilles larges (Angiospermes dicotylédonés).

A. Rayons médullaires d'une seule espèce; unisériés. (Le parenchyme ligneux manquant ou ne se présentant que très-clair semé.)

a). Vaisseaux ponctués avec un cordon spiral manifeste.

α). Bois tendre. Aesculus, Tilia.

β). Bois dur. Carpinus.

b). Cloison transversale des vaisseaux percée d'une ouverture ronde, sans cordon spiral. Populus, Salix. (Chez tous ?)

c). Cloison transversale des vaisseaux percée en forme d'échelle; sans cordon spiral.

α). En apparence deux espèces de rayons médullaires, parce que les vaisseaux manquent à certains endroits. Corylus, Alnus.

---

(1) Pour se servir de ce tableau, et parvenir à une bonne détermination, il est de toute nécessité d'avoir sous les yeux des coupes transversales et longitudinales, parfaitement réussies, et pratiquées suivant trois sens. Mon Traité sur l'emploi du microscope fournit les indications nécessaires à cet égard; toutefois il n'y a qu'une longue pratique qui puisse donner l'habileté nécessaire.

(2) Comparez Fig. 131 et Fig. 132 à la page 223.

β). Partout des vaisseaux dans la zone ligneuse. Betula.

B). Rayons médullaires d'une seule espèce, uni-ou bisériés.

a). Parenchyme ligneux clair-semé, vaisseaux avec cordon spiral et avec une ouverture ronde dans la cloison transversale.

α). Cordon spiral très-distinct. Acer.

β). Cordon spiral faiblement développé. Fraxinus.

b). Le parenchyme ligneux, en cellules isolées, rempli de fécule comme les rayons médullaires.

α). Vaisseaux à cordon spiral distinct. Prunus.

β). Vaisseaux sans cordon spiral. Pyrus.

C. Rayons médullaires d'une seule espèce, bi-à quadrisériés.

a). Rayons médullaires courts; deux sortes de vaisseaux, les larges pourvus d'une ouverture ronde, les étroits d'un cordon spiral, répartis en bandelettes entre les fibres. Ulmus.

b). Rayons médullaires allongés.

α). Fibres à cordon spiral, parenchyme ligneux à cloisons transversales très-minces; cloison transversale des vaisseaux avec une ouverture ronde. Vitis.

β). Fibres et parenchyme ligneux sans cordon spiral; cloison transversale des vaisseaux percées à la manière d'une échelle. Platanus.

D. Rayons médullaires de deux espèces: larges et étroits.

a). Vaisseaux larges, parenchyme ligneux en bandes étroites. Quercus.

b). Vaisseaux étroits, parenchyme ligneux en cellules isolées. Fagus.

CLEF

POUR LA DÉTERMINATION, AU MOYEN DU MICROSCOPE, DE QUELQUES ÉCORCES.

I. Dans les plus jeunes parties de l'écorce il n'y a que des vaisseaux cribriformes, et pas de cellules libérines (p. 247).

a). Groupes de cellules libérines secondaires, lignifiées, souvent ramifiées dans les parties les plus âgées de l'écorce. Périderme lisse, formation très-tardive de rhytydome. Abies.

b). Groupes de cellules cubiques secondaires, lignifiées, dans les parties les plus âgées de l'écorce. Formation de rhytydome avec un périderme en petites écailles. Picea.

c). Cellules libérines secondaires, lignifiées, allongées, isolées dans les parties les plus âgées de l'écorce; formation de rhytydome; pas de périderme en petites écailles. Larix.

d). Les cellules libérines secondaires, lignifiées, manquent; écailles de rhytydome aîlées au moyen d'un bord de périderme. Pinus sylvestris.

II. Cellules libérines disposées en anneaux unisériés autour de la tige. (Plusieurs anneaux ne sont souvent formés que par endroits.) Taxus, Juniperus, Cupressus.

III. Cellules libérines formées une seule fois, dans la première année de la vie (en faisceaux).

a). Parenchyme lignifié irrégulier, périderme lisse, sans formation de rhytydome. FAGUS.

b). Parenchyme lignifié régulier, en groupes avec les rayons médullaires et contre ceux-ci; écorce avec des écailles de rhytydome. PLATANUS.

Parenchyme lignifié en groupes larges; périderme s'effeuillant. BETULA.

c). Parenchyme, lignifié seulement dans la direction des rayons médullaires; un rhytydome, mais pas d'écailles de rhytydome. ALNUS.

IV. Cellules libérines se reproduisant annuellement.

A. La reproduction de cellules libérines limitée en de certains endroits. CORYLUS.

B. La reproduction partout.

a). Le parenchyme lignifié existe.

aa. Pas de rhytydome; un périderme lisse. CARPINUS.

bb. Un rhytydome existe.

α). Rayons médullaires d'une seule espèce. FRAXINUS.

β). Rayons médullaires de deux espèces. QUERCUS.

cc. Une enveloppe subéreuse existe. ACER CAMPESTRE.

b). Pas de parenchyme lignifié.

α). Avec des rayons médullaires unisériés. POPULUS, SALIX, TILIA. (Formation des cellules libérines chez le Tilia très-régulière. Voir Fig. 74, p. 112.)

β). Rayons médullaires multisériés. ULMUS.

N. B. Voyez pour l'explication du mot rhytydome, les *Annotations et éclaircissements*, après la table des figures. (*Note du traducteur*.)

TABLE DES FIGURES

Contenues dans l'ouvrage, et relatives aux arbres forestiers les plus importants de l'Allemagne (A, B), accompagnée de l'indication des principales phases de développement de ces arbres telles qu'elles ont été rapportées dans le texte (C).

A. — *Explication des figures des planches I-IV.*

La fraction qui se trouve à côté de la figure indique le grossissement relatif, par ex. 400/1=400 fois; lorsqu'elle manque, le dessin est donné en grandeur naturelle. La plupart des recherches concernant les fleurs ont été faites en 1852 et 1853 dans le Thuringer-Wald.

B. — *Liste des gravures sur bois, intercalées dans le texte, relatives aux arbres forestiers les plus importants de l'Allemagne* (1).

Les explications détaillées se trouvent, pour chaque figure, en note au bas du texte. — Les figures marquées d'un astérisque (*) sont des gravures sur bois faites d'après les croquis originaux de A.-H. Eberhardt, de Kretschmar, et tirées de l'ouvrage de Klöbisch « *der Waldbaum* ». J'ai moi-même dessiné les autres sur bois et M. Lütke en a fait la gravure.

C. — *Indication des phases de développement, etc., pour chaque arbre, afin de les trouver dans le texte, avec la pagination qui s'y rapporte.*

(Germination — Germ.; Bourgeon — Bourg.; Tige — Tig.; Feuille — Fll.; Racine — Rac.; Bois et Ecorce — Bs. et Ec.; Fleur et Fruit — Fl. et Fr.; Extension géographique — Ext. géogr.)

1. — LE SAPIN, LE SAPIN BLANC OU SAPIN DU NORD. (*ABIES PECTINATA*.)

A. — *Explication des figures :* Planche I. Fig. 1-22.

Fig. 1. L'évolution du jeune Cône *x* au printemps. En *z* commencent les trois jeunes rameaux, dont le médian allonge la branche, tandis que les latéraux forment de nouvelles ramifications. (13 juin 1853.)

Fig. 2. Une écaille protectrice du jeune cône à une époque un peu plus avancée. (27 juin.)

Fig. 3. L'écaille séminale (*b*) du cône vue du côté interne, *c* un des deux ovules insérés sur elle.

(*) Quant aux autres gravures sur bois, pour la plupart anatomiques, insérées dans le texte une table spéciale en paraît inutile et on peut les examiner dans le texte même.

Fig. 4. Un ovule représenté sous une coupe longitudinale, *m* le micropyle, *nc* le nucelle (nucleus), *is* l'enveloppe simple (integumentum simplex), *sc* le sac embryonnaire (sacculus embryonalis), *x*, *x*, *x*, conduits résinifères dans l'enveloppe. (27 juin.)

Fig. 5. Un cône qui a presque atteint sa croissance, *x* le bourgeon pour le cône de l'année suivante. (28 juillet.)

Fig. 6. Une écaille protectrice (*a*) de ce cône, en même temps que l'écaille séminale (*b*) avec les ovules, vues par la face dorsale.

Fig. 7. Cette même écaille séminale vue par sa face antérieure, *c* un des deux ovules, *y* son aîle, qui se différencie d'abord peu-à-peu du tissu de l'écaille séminale, et plus tard s'en détache par le desséchement d'une mince couche cellulaire.

Fig. 8. Un nucelle isolé d'une graine mûre, sous une coupe longitudinale, *e* l'embryon, I et II indiquent la hauteur, à laquelle on a pris la coupe transversale à travers l'embryon. (Fig. 11 et 12.)

Fig. 9. Une graine mûre, *y* l'aîle, *x* un renflement, qui montre un des conduits résinifères. (Comparez Fig. 4.)

Fig. 10. Une graine germant. *x* et *y* comme ci-dessus, *Sl* les cotylédones, *A* l'endroit où se trouve le bourgeon caulinaire et où se forme plus tard la jeune pousse; *B* limite de la partie de l'axe de la plante située au-dessus de la terre et de celle située en-dessous; celle de *B–A* est désignée comme le collet de la racine, tandis qu'on considère la partie *B-C*, située dans le sol, comme la veritable racine.

Fig. 11 et 12. Coupe transversale de l'embryon avant la germination. Fig. 11 à la hauteur indiquée par I (Fig. 8) et fig. 12 à la hauteur indiquée par II, *y* l'anneau d'épaississement qui se trouve déjà dans l'embryon comme limite entre la partie interne et l'externe. (Moëlle et écorce.)

Fig. 13. Un rameau avec des fleurs mâles, *z* bourgeon à rameaux s'épanouissant. (27 mai.)

Fig. 14. Une anthère un peu avant la déhiscence, *x* la suture de l'étamine biloculaire se dirigeant obliquement et s'ouvrant plus tard par une fente.

Fig. 15. Une anthère déhiscente.

Fig. 16. Coupe transversale d'une anthère non encore ouverte.

Fig. 17. Un grain de pollen frais vu sous de l'essence de citron, *a* sa membrane externe (exine), *b* la membrane interne (intine), *x* le corpuscule consistant en trois cellules, dans l'intérieur du grain de pollen, dont la cellule terminale libre se transforme dans la suite en boyau pollinique.

Fig. 18. Une fleur mâle, *a* les écailles protectrices, à l'abri desquelles la fleur (*b*), maintenant brévipedicellée, a hiverné.

Fig. 19. Le bourgeon du cône (Fig 5 *x*) avant l'épanouissement. (7 mai.)

Fig. 20. Une ramification radicale (*a*), qui a formé des racines latérales fortes (*d*), et faibles (*b* et *c*).

Fig. 21. Coupe transversale de la radicelle *d* de la figure précédente, *y* la limite entre la couche externe et l'interne de l'écorce primaire, *z* le système vasculaire.

Fig. 22. *A* Coupe transversale de la radicelle *b*, et *B* la coupe longitudinale, *y* et *z* comme à la fig. 21, *Wh* la piléorhize, *x* un bourgeon rhizogène nouvellement formé près de la zone génératrice.

B. — *Liste des gravures sur bois.*

C. — *Indication des phases du développement.*

2 — LE SAPIN ROUGE OU ÉPICEA (*PICEA VULGARIS* LINK).

A. — *Explication des figures.* Pl. I. Fig. 23-38.

Fig. 23. Un jeune cône non encore imprégné de pollen. (5 juin 1853.)

Fig. 24. L'écaille protectrice (*a*) avec l'écaille séminale (*b*) d'un semblable cône vue par la face dorsale.

Fig. 25. L'écaille séminale (*b*) vue par sa face antérieure avec les deux ovules encore très-jeunes *c*, dont l'aîle (*y*) commence à se séparer.

Fig. 26. Une écaille séminale semblable coupée de telle sorte, qu'un des deux ovules a subi une coupe longitudinale ; *is* l'enveloppe simple, *nc* le nucelle, *se* le sac embryonnaire, *y* l'aîle de l'ovule, qui se distingue de l'écaille séminale *b* par un tissu mince. (5 juin.)

Fig. 27. Un cône développé. (11 septembre.)

Fig. 28. Une écaille protectrice (*a*) et une écaille séminale (*b*) vues par la face dorsale.

Fig. 29. Une écaille séminale (*b*) vue par sa face antérieure, *c* un des ovules, *y* son aîle.

Fig. 30. Un Épicea germant. Au-dessus de *A* apparaît plus tard la jeune pousse (Fig. 31) ; en *B* l'axe de la plante s'élève au-dessus de la terre et en *C* se termine la racine. La portion *A-B* correspond au collet de la racine (Comparez Fig. 10 de la même planche.)

Fig. 31. Une plantule à la fin de l'été, *x* un jeune rameau latéral (1).

Fig. 32. Une graine mûre, dont l'aîle est détruite par accident. (Fig. 29.)

---

(1) Les premières feuilles de la plumule de l'Épicea ne sont pas manifestement dentées. mais chez le Pin, elles le sont très-distinctement.

Fig. 33. Un rameau avec des fleurs mâles, *y* bourgeon caulinaire (27 mai.)
Fig. 34. Une anthère s'ouvrant par deux fentes longitudinales et verticales (*x*).
Fig. 35. Une anthère qui a déjà émis son pollen.
Fig. 36. Coupe transversale d'une anthère avant l'émission du pollen.
Fig. 37. Une fleur mâle, *a* les écailles protectrices, à l'abri desquelles a hiverné la fleur maintenant assez longuement pédicellée (*b*).
Fig. 38. Coupe longitudinale du bourgeon terminal d'un rameau en automne.

B. — *Liste des gravures sur bois.*

C. — *Indication des phases de développement.*

3. — LE PIN (*PINUS SYLVESTRIS*).

A. — *Explication des figures.* Pl. II. Fig. 1-22.

Fig. 1. Un rameau femelle au printemps, *A* le jeune cône pour l'année suivante au sommet de la pousse de l'année présente, *B* le cône de l'année précédente, qui arrive à maturité en automne, mais ne commence à disséminer ses graines qu'au printemps suivant, *n* les aiguilles doubles. (2 juin 1852.)
Fig. 2. L'extrémité de la pousse de l'année avec deux jeunes cônes; *n* les aiguilles doubles se développant.
Fig. 3. Coupe longitudinale du jeune cône *A* (Fig 1), *y* écailles protectrices stériles à sa base, *a* écailles protectrices plus petites naissant plus tard, à l'aisselle desquelles se développe l'écaille séminale (*b*), *x* le cône végétatif du cône.
Fig. 4. Une écaille protectrice (*a*) ainsi qu'une écaille séminale (*b*) d'un pareil cône, vues par la face dorsale.
Fig. 5. Une écaille séminale (*b*) avec ses deux ovules (*c*), vue de face.
Fig. 6. Un cône de deux ans développé.
Fig. 7. Une écaille séminale (*b*) vue par la face dorsale.
Fig. 8. Une autre (*b*) vue par sa face antérieure avec ses deux ovules. (*c*) (18 juin)
Fig. 9 Une graine mûre, venant de tomber.

Fig. 10. Coupe longitudinale de l'amande d'une graîne mûre, *edp* l'endosperme, *Sl* les cotylédons, *p* la gemmule, *r* la radicule, *W h* la piléorhize de l'embryon.

Fig. 11. Un Pin germant, *Sl* les cotylédons, *A* la région de la plumule, d'où s'élève plus tard la tige, *B* la région où l'axe de la plante s'avance au-dessus du sol, de *A*-*B* le collet de la racine, de *B*-*C* le pivot de la racine (1).

Fig. 12. Coupe transversale d'une plante en voie de germination menée dans la région de la plumule, *Sl* les cotylédons, I le premier verticille de feuilles, II le second, *x* l'axe de la plumule.

Fig. 13. Coupe transversale d'un cotylédon.

Fig. 14. Un rameau mâle au printemps, *A* la jeune pousse entourée encore à sa base de ses écailles protectrices (*y*), *m* les fleurs mâles, *n* les aiguilles doubles se déployant (2 juin). *B*. La partie du rameau de l'année précédente qui ne possède pas d'aiguilles doubles (*n*), là où il a porté des fleurs mâles pendant l'année.

Fig. 15. Une fleur mâle, *y* les écailles protectrices qui en font partie et qui correspondent aux gaines membraneuses des aiguilles doubles (Fig. 50 P. 64).

Fig. 16. Coupe longitudinale d'une fleur mâle, *y* comme précédemment, *a* étamines, *x* le cône végétatif de la fleur.

Fig. 17. Une étamine s'ouvrant par deux fentes verticales.

Fig. 18. Un grain de pollen frais vu sous de l'essence de citron, *a* la membrane externe (exine), *b* la membrane interne (intine), *y*-*x* deux cellules-filles du grain de pollen.

Fig. 19. Un grain de pollen un peu plus développé, qui s'est dépouillé de sa membrane externe, et la cellule *x* s'est allongée en un boyau pollinique commençant.

Fig. 20. Un bourgeon terminal du rameau à la fin de l'automne.

Fig. 21. Un autre au commencement de l'épanouissement au printemps suivant.

Fig. 22. Une écaille protectrice de la dernière figure, *y* la partie membraneuse, flétrie, élégamment frangée, *x* la base verte et charnue.

B. — *Liste des gravures sur bois.*

(1) Les feuilles de la plumule du Pin sont dentées distinctement (V. la note de la page 430).

4. — LE MÉLÈZE (*LARIX EUROPEA*).

A. — *Explication des figures.* Pl. II. Fig. 23-37.

Fig. 23. Un rameau au printemps, *m* fleur mâle, *w* fleur femelle (un jeune cône), *l* bourgeon à feuilles ou à rameaux s'épanouissant. (14 mai 1853.)

Fig. 24. Une écaille protectrice (*a*) et une écaille séminale (*b*) avec ses deux ovules (*c*), vues par la face antérieure.

Fig. 25. Coupe longitudinale de l'écaille séminale et d'un ovule dans cet état, *is* l'enveloppe simple, *nc* le nucelle, *se* le sac embryonnaire, *y* l'origine de l'aîle de l'ovule, *b* l'écaille séminale.

Fig. 26. Rameau avec un cône développé. (9 juillet.)

Fig. 27. Une écaille séminale (*b*) avec ses deux ovules, *c* la face antérieure, *y* l'aîle d'un ovule.

Fig. 28. Deux graines mûres, *a* munie d'une aîle et *b* sans aîle.

Fig. 29. Une jeune plantule, *Sl* cotylédons, *A* la région du bourgeon caulinaire, de *A–B* le collet de la racine, de *B–C* le pivot de la racine (1).

Fig. 30. Coupe longitudinale de l'amande de la graine mûre, *edp* l'endosperme, *Sl* les cotylédons, *P* le bourgeon caulinaire, *R* le bourgeon rhizogène, *Wh* la piléorhize de l'embryon, qui est encore adhérente au suspenseur (*x*). (Chez les autres Conifères indigènes les suspenseurs ont disparu à l'époque de la maturité de la graine.)

Fig. 31. Coupe longitudinale de la fleur mâle, *y* les écailles protectrices, à l'abri desquelles le bouton a hiverné, *a* étamines, *x* cône végétatif de la fleur.

Fig. 32 et 33. Étamines avant la déhiscence, *y* la suture de la moitié de l'anthère monoloculaire, se dirigeant obliquement. Fig. 32, vue de face, Fig. 33, de côté.

Fig. 34. Coupe transversale d'une étamine biloculaire.

Fig. 35. Une étamine déhiscente vue par sa face dorsale.

Fig. 36. Un grain de pollen frais sous de l'essence de citron, *a* la membrane externe (exine), *b* la membrane interne très-mince (intine), *x* la cellule terminale

(1) Les feuilles de la plumule du Mélèze ne sont pas dentées (V. les notes des p. 430 et 432); la jeune plante présente une teinte d'un vert bleuâtre.

d'un corpuscule consistant en quatre cellules-filles, laquelle se développe dans la suite en boyau pollinique.

Fig. 37. Un bourgeon (x), en automne avant la chute des feuilles, qui développera, l'année suivante, une fleur mâle ou femelle.

B. — *Liste des gravures sur bois.*

C. — *Indication des phases de développement.*

Germ. P. 61. — Bourg. P. 88. — Tig. P. 137. — Fll. P. 160. — Bs. et Ec. P. 226-255. — Fl. et Fr. P. 308-311. — Ext. geogr. P. 353.

5. — DIFFÉRENTS CONIFÈRES.

B. — *Liste des gravures sur bois.*

6. — LE SAPIN DU BRÉSIL (*ARAUCARIA BRASILIENSIS*).

A. — *Explication des figures.* Pl. II. Fig. 38-39.

Fig. 38. Coupe longitudinale d'une graine mûre, x l'enveloppe de l'ovule, *edp* l'endosperme, *Sl* les deux cotylédons, *P* le bourgeon caulinaire, *R* le bourgeon rhizogène.

Fig. 39. Une plante germant, *Sl* et x comme ci-dessus, *A* la tige naissant du bourgeon caulinaire, *C* le pivot de la racine sortant du bourgeon rhizogène. (Funchal, juillet 1856.)

B. — *Liste des gravures sur bois.*

7. — LE CHÊNE (*QUERCUS PEDUNCULATA ET SESSILIFLORA*).

A. — *Explication des figures.* Pl. III. Fig. 1-19.

Fig. 1. Rameau avec des fleurs mâles; les bourgeons inférieurs de la pousse de l'année précédente ne produisent que des fleurs mâles, mais les supérieurs donnent naissance à de jeunes pousses avec feuilles et fleurs. *y* Les anneaux, qui indiquent les cicatricules des écailles protectrices antérieures, ainsi que la limite de la pousse de l'année écoulée. (29 mai 1853.)

Fig. 2. Rameaux avec fleurs femelles du *Q. sessiliflora.* (8 juin 1852.)

Fig. 3-6. Etat de développement de la fleur femelle, *b* la bractée ou stipule, à l'aisselle de laquelle est venue la fleur, *c* la cupule en voie de formation, *p* le périgone, *n* les stigmates, *x* le cône végétatif de l'axe floral. Fig. 3, un exemple de fleur présentée à l'état libre; Fig. 4, une semblable sous une coupe longitudinale et Fig 5 sous une coupe transversale, d'après laquelle les feuilles du périgone et les stigmates alternent entre eux dans leur insertion. Fig. 6. Coupe longitudinale d'un état un peu plus avancé.

Fig. 7. Coupe transversale d'un ovaire infère, *g* un ovule, *sp* un des trois placentas qui sont pariétaux et portent deux ovules.

Fig 8. Coupe longitudinale d'un ovule à l'époque de la fleuraison, *ie* le tégument externe, II le tégument interne, *nc* le nucelle. (27 juin.)

Fig. 9. Deux fruits du *Q. pedunculata* à divers états de maturité, *c* la cupule, *n* le stigmate.

Fig. 10. Coupe longitudinale de l'embryon, *P* le bourgeon caulinaire (Plumula), *R* le bourgeon rhizogène (radicula), *Sl* cotylédons (cotylédones).

Fig. 11. Une plante germant, *x* le péricarpe, *A* la tige formée par le bourgeon caulinaire, munie à la partie inférieure de feuilles écailleuses (*a*) qui se transforment successivement en feuilles (*b*) avec deux stipules, *B* la limite entre la tige et la racine (*C*). (7 juin.)

Fig. 12. Le périgone quinquepartite de la fleur mâle, présentée sans étamines.

Fig. 13 et 14. Deux étamines vues de la face dorsale et de la face antérieure, *x* la fente longitudinale, par laquelle s'ouvre l'anthère.

Fig. 15. Coupe transversale de l'anthère quadriloculaire, *x* une loge.

Fig. 16 et 17. Grains de pollen desséchés et vus sous l'acide sulfurique, par lequel la membrane interne est détruite.

Fig. 18. Un rameau avec bourgeons à l'époque de l'hiver.

Fig. 19. Un bourgeon mixte, qui a été disséqué à l'aide d'une aiguille, *x* ébauche de l'inflorescence mâle, *f* ébauche des feuilles.

B. — *Liste des gravures sur bois.*

C. — *Indication des phases de développement.*

8. — LE HÊTRE (*FAGUS SYLVATICA*).

A. — *Explication des figures*. Pl. III. Fig 20-40.

Fig. 20. Un rameau fleuri, en *A* la fleur femelle, en *B* l'inflorescence mâle, *y* cicatrices annulaires occasionnées par la chute des écailles protectrices, et qui correspondent aux appendices écailleux des Conifères; elles peuvent servir à déterminer l'âge du rameau. (20 mai 1852.) (Comparez Pl. III. Fig. 1.)

Fig. 21. Coupe longitudinale d'une jeune fleur femelle, *c* la cupule, qui prend naissance comme celle du Chêne, mais entoure deux fleurs solitaires, *p* le périgone, *n* les stigmates, *g* les ovules. (2 juin.)

Fig. 22. Coupe transversale de l'ovaire infère, *g* ovules, *sp* placentas.

Fig. 23. Coupe longitudinale d'un jeune ovule. Les mêmes désignations qu'à la Fig. 8 de la Pl. III. *f* Le funicule qui est ici très-long. (2 juin.)

Fig. 24. Un fruit à l'aisselle d'une feuille. *x* Une petite excroissance causée par la piqûre d'une espèce de mouche, *y* les œufs d'un insecte sur la feuille.

Fig. 25. Un fruit isolé mûr enlevé de la cupule.

Fig. 26. Un semblable, coupé suivant la longueur, *x* les enveloppes, *W* la radicule, *Sl* les cotylédons, *P* le bourgeon caulinaire.

Fig. 27. Coupe transversale d'un fruit semblable, à la hauteur de * de la figure précédente.

Fig. 28. Une plante germant, *x* le périsperme, *B* limite du sol.

Fig. 29. Une autre qui s'est déjà dépouillée du péricarpe *x* de la figure précédente. (14 mai.) *Sl* les deux cotylédons, *a* les deux premières feuilles (feuilles primordiales) du bourgeon caulinaire ; depuis les cotylédons jusqu'en *B*, le collet de la racine ; au-dessous de *C* le pivot de la racine.

Fig. 30. Une fleur mâle, *a* les étamines, *p* le périgone.

Fig. 31. Deux étamines, *a* avant et *b* après la déhiscence de l'anthère, laquelle se fait en *x* par une fente longitudinale.

Fig. 32. Coupe transversale de l'anthère quadriloculaire.

Fig. 33. Grains de pollen, *a* desséchés, *b* vus sous de l'essence de citron.

Fig. 34 et 35. Rameaux avec bourgeons en automne, bourgeons foliaires simples et bourgeons mixtes (*x*), *y* les cicatrices des écailles tombées. (Comparez Fig. 20 *y* de la même pl.)

Fig. 36. Les écailles protectrices d'un bourgeon foliaire simple suivant leur succession (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*) en cinq verticilles quinquepartites.

Fig. 37. Une écaille protectrice de bourgeon vers l'époque du gonflement du bour-

geon, *y* la partie colorée en brun, flétrie déjà en automne, *z* la partie jeune et mince, produite un peu avant le gonflement du bourgeon. (12 mai.)

Fig. 38. Un bourgeon mixte, qui a été disséqué au moyen d'une aiguille, *f* feuilles, *x* inflorescence mâle, *y* fleur femelle. (6 Mai.)

Fig. 39. Poils pluricellulaires de l'épiderme du rameau tout jeune.

Fig. 40. Coupe longitudinale d'une excroissance (noix de Galles) sur la feuille. (Fig. 24.)

B. — *Liste des gravures sur bois.*

C. — *Indication des phases de développement.*

Germ. P. 65. — Bourg. P. 86-91. — Tig. et Ramif. P. 139. — Fll. P. 161. — Bs et Ec. P. 230-259. — Fl. et Fr. P. 312. — Ext. géogr. P. 354.

9. — LE CHARME (*CARPINUS BETULUS*).

A. — *Explication des figures*. Pl. IV. Fig. 1-9.

Fig. 1. Une fleur femelle prise à l'aisselle de la bractée d'une inflorescence femelle (Fig. 2. Pag. 5), où se trouvent, comme chez le Noisettier (Pl. IV. Fig. 13), deux fleurs semblables l'une à côté de l'autre, *n* les deux stigmates, *p* le périgone, *x* la feuille, qui forme la fausse cupule. (15 mai 1853.)

Fig. 2. La bractée (*b*) d'une inflorescence femelle avec ses deux fleurs dans un état un peu plus avancé. (7 juin.)

Fig. 3. Coupe longitudinale d'une fleur femelle, *n* et *p* comme ci-dessus, *g* un des deux ovules, *y* une couche cellulaire du péricarpe, qui est consacrée à la nutrition des ovules, et qui est résorbée dans le fruit mûr, *z* la columelle centrale ou le cône végétatif allongé de la fleur. (7 juin.)

Fig. 4. Coupe transversale de l'ovaire vers la même époque ; un seul placenta pariétal est fertile, *g* et *y* comme à la Figure précédente.

Fig. 5. Coupe longitudinale d'un ovule, *is* l'enveloppe simple, *nc* le nucelle, *se* le sac embryonnaire.

Fig. 6. Un fruit à demi-mûr, *n* et *p* comme à la Figure 3.

Fig. 7. Une bractée (*b*) de l'inflorescence mâle pourvue d'étamines en nombre indéfini *a*. (Comme le périgone manque, il est difficile de distinguer si toutes les étamines appartiennent à une ou à plusieurs fleurs, comme chez l'Aune (15 mai). L'étamine même est semblable à celle du Noisettier. (Pl. IV. Fig. 20.)

Fig. 8 et 9. Grains de pollen vus sous l'eau. Les épaississements de la membrane interne se montrent très-manifestement sous les pores efférents pour le boyau pollinique.

B. — *Liste des gravures sur bois.*

C. — *Indication des phases de développement.*

Bourg. P. 87. — Fll. P. 161. — Bs. et Ec. P. 231-259. — Fl. et Fr. P. 313 — Ext. géogr. P. 355.

10. — LE NOISETTIER (*CORYLUS AVELLANA*).

A. — *Explication des figures.* Pl. IV. Fig. 10-22.

Fig. 10. Un rameau fleuri. *A* L'inflorescence femelle, *B* l'inflorescence mâle. (Février 1853.)

Fig. 11. Une bractée (*b*) de l'inflorescence mâle avec les deux squammes (*y*), que je considère comme les stipules de la bractée. (mars.)

Fig. 12. Coupe longitudinale de l'inflorescence femelle, *b* les écailles protectrices, qui sont stériles dans la partie inférieure et ne portent, à leur aisselle, deux fleurs qu'à l'extrémité de l'inflorescence ; *n* les stigmates de ces fleurs. (Mars.)

Fig. 13. Une bractée (*b*) avec ses deux fleurs femelles, *x* la fausse cupule, *p* le périgone, *n* les stigmates. (7 juin.)

Fig. 14. La fausse cupule, qui consiste en une feuille médiane, laquelle s'arrête ultérieurement dans sa croissance, et en deux stipules qui se développent puissamment.

Fig. 15. Coupe transversale d'une fleur femelle vers la même époque, *g* un des deux ovules du placenta pariétal fertile, *x* et *x* les deux stipules, qui forment la fausse cupule.

Fig. 16. Coupe longitudinale d'un jeune fruit (13 juillet), les mêmes désignations qu'à la Figure précédente, *y* le tissu cellulaire du péricarpe, qui nourrit l'ovule, *z* la columelle centrale. (Comparez Fig. 3 de cette Pl.)

Fig. 17. Coupe longitudinale de la graine mûre, *z* la columelle centrale, qui se trouve desséchée à l'apparition de la graine, *P* la plumule, *R* la radicule, *Sl* les cotylédons de l'embryon.

Fig. 18. La noisette mûre, *p* la région qui a porté le périgone, *q* la base, où le fruit s'est séparé de la fausse cupule. (Comparez Fig. 16.)

Fig. 19. Une bractée (*b*) de l'inflorescence mâle avec ses deux fleurs, dont chacune possède deux étamines (*a*), mais pas de périgone, si l'on ne considère pas la feuille *y* comme tel (Fig. 11.) (1).

Fig. 20. Une de ces deux étamines avec un filament divisé. (Février.)

Fig. 21. Coupe transversale d'une moitié de l'anthère.

Fig. 22. Un grain de pollen vu sous l'eau avec trois pores efférents pour le boyau pollinique.

B. — *Liste des gravures sur bois.*

C. — *Indication des phases de développement.*

Bs. et Ec. P. 237-262. — Fll. et Fr. P. 313 — Ext. géogr. P. 355.

---

(1) L'insertion des bractées sur l'inflorescence mâle du Noisettier correspond à la formule phyllotaxique 2/5, d'après A. Braun.

11. — L'AUNE (*ALNUS CORIACEA ET A. GLUTINOSA*).

A. — *Explication des figures*. Pl. IV. Fig. 23–33.

Fig. 23. Rameau fleuri du *Alnus coriacea* (1). *A* inflorescence femelle, *B* inflorescence mâle, *x* bourgeon à bois.

Fig. 24. Une bractée (*b*) de l'inflorescence femelle, qui cache quatre petites feuilles squammeuses (*y*).

Fig. 25. Une autre bractée (*b*) avec ses deux fleurs femelles, qui consistent en un ovaire avec deux stigmates (*n*). Les plus petites feuilles *y* ne sont pas représentées.

Fig. 26. *a* Coupe longitudinale d'un jeune fruit, *g* un des deux ovules à enveloppe simple ; *b* coupe transversale d'un fruit un peu plus jeune, *x* le placenta pariétal fertile, *z* le stérile. (Comparez Fig. 4, 15 et 41) (27 juin.)

Fig. 27. Un fruit mûr, *n* le stigmate desséché. (*A. glutinosa.*)

Fig. 28. Une écaille protectrice (*b*) de l'inflorescence mâle avec les quatre feuilles squammeuses plus petites. (*y*) (*A. coriacea.*)

Fig. 29. Une écaille protectrice avec ses trois fleurs mâles, dont chacune consiste en un périgone quadripartite et quatre étamines. (Comparez Fig. 30 et 32.)

Fig. 30. La fleur mâle isolée, après que trois étamines ont été enlevées, *p* le périgone, *s* une étamine.

Fig. 31. Un grain de pollen sous de l'acide sulfurique. (3-5 pores efférents.)

Fig. 32. Coupe transversale de la fleur encore très-jeune du *Alnus glutinosa, p* et *a* comme à la Fig. 30.

Fig. 33. Une plantule du *Alnus glutinosa, Sl* cotylédons, *y* renflements de la racine. (V. p. 66.)

B. — *Liste des gravures sur bois.*

C. — *Indication des phases de développement.*

---

(1) J'ai choisi cet Aune, parce que : 1° ses organes floraux sont plus grands, et 2° une analyse complète se trouvait à ma disposition ; du reste la structure de sa fleur correspond absolument à celle de l'Aune commun.

12. — LE BOULEAU (*BETULA ALBA*).

A. — *Explication des figures*. Pl. IV. Fig. 34-46.

Fig. 34. Un rameau muni de fleurs mâles, *x* un bourgeon à bois, qui renferme en même temps l'inflorescence femelle. (15 avril 1853.)

Fig. 35. Une bractée (*b*) de l'inflorescence mâle avec ses deux feuilles (*y*) qu'elle enveloppe.

Fig. 36. Une fleur mâle *p* qui consiste en un périgone bifoliolé *p* et en deux étamines (*a*). (Une bractée entoure trois fleurs mâles.)

Fig. 37. L'étamine.

Fig. 38. Un grain de pollen vu sous l'eau, pourvu de trois pores efférents pour le boyau pollinique.

Fig. 39. Un rameau chargé d'inflorescences femelles. (15 mai.) (Une bractée, comme à la Fig 35, cache trois fleurs femelles).

Fig. 40. Coupe longitudinale d'un jeune fruit, *n* le stigmate desséché, *g* l'ovule muni d'une enveloppe simple, *y* le tissu cellulaire du péricarpe, qui nourrit la graine. (4 juin.) (Comparez Fig. 3 et Fig. 16 de cette Planche).

Fig. 41. Coupe transversale du jeune fruit, *x* le placenta fertile, *z* le stérile.

Fig. 42. Une écaille protectrice de la fructification (*b*) avec ses trois fruits, vue par la face dorsale, *f* l'aîle membraneuse d'un fruit.

Fig. 43. Le fruit aîlé mûr, *n* les deux stigmates desséchés. (Août.)

Fig. 44. L'embryon d'un fruit mûr, *R* la radicule, *Sl* les cotylédons.

Fig. 45. Coupe longitudinale de l'embryon, *R* et *Sl* comme à la Fig. 44, *P* la plumule.

Fig. 46. Une jeune plantule, *Sl* les cotylédons.

B. — *Liste des gravures sur bois*.

C. — *Indication des phases de développement*.

13. — LE SAULE (*SALIX FRAGILIS*).

A. — *Explication des figures*. Pl. IV. Fig. 47-52.

Fig. 47. Une inflorescence mâle. (Mai 1859.)

Fig. 48. Une écaille protectrice (*b*) de l'inflorescence mâle avec une fleur composée de deux étamines (*a*) et d'une écaille charnue (*x*).
Fig. 49. Une inflorescence femelle.
Fig. 50 et 51. Deux fleurs femelles avec leur bractée (*b*). La fleur consiste en un ovaire muni de deux stigmates divisés (*n*) et en une écaille charnue (*x*) située à la base de l'ovaire.
Fig. 52. Coupe transversale de l'ovaire, les deux placentas (*x*) sont pariétaux.

B. — *Liste des gravures sur bois.*

C. — *Indication des phases de développement.*

14. — LE PEUPLIER (*POPULUS*).

B. — *Liste des gravures sur bois.*

C. — *Indication des phases de développement.*

15. — LE FRÊNE (*FRAXINUS EXCELSIOR*).

A. — *Explication des figures.* Pl. IV. Fig. 53-59.

Fig. 53. Rameau fleuri. (25 mai 1853.)
Fig. 54. Une fleur hermaphrodite. Deux étamines (*a*) et un ovaire avec deux stigmates (*n*).
Fig. 55. Coupe longitudinale de l'ovaire, *n* stigmate, *g* un des quatre ovules pendants.
Fig. 56 et 57. Coupes transversales du jeune ovaire. Fig. 56 à la hauteur de I de la Figure précédente ; la Figure 57 a été prise à la hauteur de II, d'après celle-ci l'ovaire est uniloculaire dans la partie supérieure et possède deux placentas pariétaux (*p*) situés vis-à-vis l'un de l'autre, mais il est biloculaire à la partie moyenne et inférieure par suite de la jonction de la columelle (1).
Fig. 58. Coupe transversale de l'anthère d'une étamine, à l'époque de la floraison ; l'anthère primitivement quadriloculaire est presque devenue biloculaire par ré-

(1) Les ovules sont pourvus d'une enveloppe simple.

sorption de la cloison (y), x la suture, qui forme, dans la suite, la fente longitudinale, c système vasculaire.

Fig. 59. Un grain de pollen sous de l'acide sulfurique. (Trois pores efférents pour la boyau pollinique.)

C. — *Indication des phases de développement.*

Bs. et Ec. P. 232–262. — Fl. et Fr. P. 317. — Ext. géogr. P. 357.

16. — L'ORME (*ULMUS CAMPESTRIS*).

A. — *Explication des figures.* Pl. IV. Fig. 60-63.

Fig. 60. Un rameau fleuri. (18 avril 1854.)

Fig. 61. Coupe longitudinale d'une fleur hermaphrodite, p le périgone quinquefolié, a les étamines, au nombre de cinq, n les deux stigmates, g l'ovule unique pendant, qui possède une enveloppe double.

Fig. 62. Coupe transversale de l'anthère encore quadriloculaire. (Comparez Fig. 58 de la même Pl.)

Fig. 63. Un grain de pollen vu sous de l'eau.

C. — *Liste des gravures sur bois.*

C. — *Indication des phases de développement.*

Germ. P. 66. — Bs. et Ec. P. 232-262. — Ext. géogr. P. 357.

17. — L'ÉRABLE (*ACER PLATANOIDES*).

A. — *Explication des figures.* Pl. IV. Fig. 64 et 65.

Fig. 64. Coupe longitudinale d'une fleur hermaphrodite. (La fleur renferme huit sépales et huit pétales, que suivent huit étamines, ensuite un ovaire supère contenant deux ovules pariétaux, et deux stigmates), a étamine, g ovule, n stigmates, d une extension discoïdale de l'axe floral (un disque) entre les pétales et les étamines, f la partie de l'ovaire qui se développe dans la suite en l'aîle du méricarpe.

Fig. 65. Une fleur semblable un peu plus tard, la formation de l'aîle f a déjà commencé. (3 juin 1853.)

B. — *Liste des gravures sur bois.*

C. — *Indication des phases de développement.*

Germ. P. 66 — Fll. P. 162. — Bs. et Ec. P. 232–264. — Fl. et Fr. P. 317. — Ext. géogr. P. 358.

18. — LE TILLEUL (*TILIA GRANDIFOLIA*).

A. — *Explication des figures.* Pl. IV. Fig. 66-71.

Fig. 66. Une inflorescence, *b* la feuille, à l'aisselle de laquelle se trouve l'inflorescence, et à côté d'elle un bourgeon (x), qui développe un rameau l'année suivante, *sp* la bractée commune (*Spatha*) de l'inflorescence. (7 juillet 1853.)

Fig. 67. Coupe longitudinale d'une fleur hermaphrodite (cinq sépales et cinq pétales, puis des étamines en nombre indéfini et un ovaire supère, qui est devenu quinqueloculaire au moyen de cinq placentas pariétaux et de la columelle centrale, et qui renferme dix ovules. Les stigmates sont fort peu développés).

Fig. 68. Une étamine.

Fig. 69. Un grain de pollen vu sous de l'eau.

Fig. 70. L'ébauche de l'ovaire hors d'un bouton, n le stigmate, y le canal pistillaire, g un ovule, x le cône végétatif de la columelle centrale. (20 juin.)

Fig. 71. Coupe transversale de l'ovaire d'un semblable bouton à la hauteur de I de la Figure précédente, p un des cinq placentas pariétaux, qui, dans la suite, forme de chaque côté un ovule muni de deux enveloppes.

B. — *Liste des gravures sur bois.*

C. — *Indication des phases de développement.*

19. — LE MARRONNIER (*AESCULUS*).

B. — *Liste des gravures sur bois.*

20. — LA ROBINIE (*ROBINIA PSEUDOACACIA*).

B. — *Liste des gravures sur bois.*

21. — LE SORBIER (*SORBUS AUCUPARIA*).

B. — *Liste des gravures sur bois.*

22. — LE SUREAU (*SAMBUCUS NIGRA*).

B. — *Liste des gravures sur bois.*

Annotations et Éclaircissements

PAR LE TRADUCTEUR (1).

ALEURONE, substance granuleuse et nutritive découverte par Hartig dans un grand nombre de végétaux, notamment dans l'amande des graines, et qui doit prendre place parmi les principes immédiats des cellules. Elle est azotée et en quelque sorte intermédiaire entre la fécule et les composés protéïques. Elle porte en allemand le nom de *Klebermehl* qui désigne aussi le gluten : nous avons peut-être confondu cette double signification du mot *Klebermehl,* à la page 17, lignes 21 et 32.

ARBRES FEUILLUS et ARBRES RÉSINEUX. En sylviculture et en style de forestier, on se sert de ces deux expressions qui correspondent aux *Laubholz* et *Nadelholz* des Allemands. Nous avons désigné les premiers indifféremment par *arbres à feuilles larges, arbres à feuilles membraneuses, arbres dicotylédones, arbres angiospermes, etc.;* ces diverses locutions se rapportent toutes au même objet, c'est-à-dire les arbres appartenant à l'embranchement des dicotylédonées et dont les feuilles sont planes; la dernière seule demande peut-être un mot d'éclaircissement. M. Brongniart a divisé les phanérogames en deux classes fort naturelles, les angiospermes dont les graines sont renfermées dans un ovaire, et les gymnospermes dont les graines sont nues parce qu'elles sont privées d'une enveloppe carpellaire. Cette dernière classe comprend les Conifères et les Cycadées. Les Conifères sont les résineux des forestiers, les arbres à feuilles aciculaires (*Nadelholz*), c'est-à-dire minces et comparables à des aiguilles.

CLADODES. MM. Martius, Kunt, et d'après eux M. Clos, désignent sous ce nom les rameaux foliiformes ou rameaux foliacés de certains végétaux. Voyez p. 123 et suivantes.

DÉCURTATION des rameaux. On peut désigner par cette expression le phéno-

(1) Ce paragraphe remplace quelques définitions de mots techniques employés dans la sylviculture allemande et d'un petit nombre de termes de botanique, savoir : *Abtreiben, Abholzen* (Exploiter, abattre un bois). — *Anflug* et *Selbsbesamung* (Dissémination et ensemencement naturel). — *Bestand* (massif, plantation). — *Dicotyledone.* — *Durchforsten* (cultiver une forêt). — *Kryptogame.* — *Lichtung* (clairière; éclaircie). — *Monocotyledone.* — *Phanerogame.* — *Schonung* (Fourré). — *Stock* (Souche).

mène de la disjonction ou de la désarticulation que certains rameaux manifestent spontanément (*Absprünge*). Voyez p. 364.

PLANTATION (massif). Nous avons défini le sens que nous attribuions à ce mot, dans une note insérée au bas de la page 392. Nous nous en sommes servi, avec quelque hésitation, pour rendre le mot allemand *Bestand,* qui signifie, en langage forestier, une très-grande surface boisée (*eine grossere bewaldete Bodenflache* Scht). Nous aurions pu quelquefois employer le mot *massif,* qui est usité en langage de forestier; cependant on distingue *ein lichte Bestand* et *ein geschlosse Bestand* (voy. p. 383), tandis que par massif on entend ordinairement une association d'arbres touffue et serrée.

RHYTIDOME (*Rhytidoma*), expression proposée par M. Hugo Mohl pour désigner la partie extérieure de l'écorce, ordinairement morte, rude, crevassée et colorée en brun-gris ; elle a été introduite dans la terminologie francaise par M. Mathieu (*Flore forestière*). Les Allemands la connaissent sous le nom de *Borke* que nous avons traduit par *écorce rude et crevassée.*

VARA (voy. p. 366). Cette mesure espagnole équivaut à un mètre quarante-cinq centimètres.

Vocabulaire Allemand-Français

DES PRINCIPAUX MOTS SCIENTIFIQUES OU TECHNIQUES.

A.

Absonderungsschicht, cuticule.
Absprunge, décurtation (des rameaux).
Anheftungspunkt, hile.
Anlegung, peuplement.
Aufrechte Samenknospe, ovule dressé
Ausbentung, exploitation,
Austrittstelle (von pollenstaube), point d'émergence.

B.

Bandholz (der Bôtticher), bois de Saule à cerceau de cuve.
Bastparenchyme, parenchyme libérin.
Becherche, cupule
Befruchtungskorper, spermatozoïde.
Befruchtungskugel, sphère de fécondation.
Bestand, plantation d'arbres, massif.
Blattflache, limbe.
Blattkissen, coussinet (pulvinus).
Blattkreis, verticille de feuilles.
Blattpolster, coussinet (*pulvinus*).
Bluthendeckblat, bractée.
Bluthengrund, réceptacle.
Bluthenhulle, périgone.
Bluthenknospe, bourgeon à fleur.
Bluthenknospenlage, estivation.
Bluthenkolbe, spadice.
Bluthenstand, inflorescence.
Borke, rhytidome, écorce crevassée.
Brandpilze, Uredinées en général et Ustilaginées en particulier.
Brutknospe, bulbile.
Busch, fagot, bourrée.
Buschholz, taillis.

D.

Deckblatt, bractée.

Deckelrosette, opercule en rosette (des Conifères).

E.

Eichenschalholz, chénaie.
Eimund, micropyle.

Embryonalchlauche, tube embryonaire (des Conifères).
Embryotrager, suspenseur.

F.

Fadenapparat, appareil filamentaire (des vésicules embryonaires).
Faser, fibre.
Flachstengel, cladode, rameau foliiforme

Fortbildungsgewebe, tissu de formation, cambium.
Fullgewebe, parenchyme.

G.

Gegenfussler, antipodes (des vésicules embryonaires).
Gegenlaufig Samenknospe, ovule anatrope.
Gehaus, taillis.
Gerade Samenknospe, ovule droit.

Geradlaufig Samenknospe, ovule orthotrope.
Gestutzt, tronqué.
Gitterpore, pore (ponctuation) clathracé.
Gitterzelle, cellule (vaisseau) clathracé.

H.

Hagelfleck, chalaze.
Hauptwurzelknospe, bourgeon rhizogène principal, radicule.
Hautschnit, membrane muqueuse.
Hexenbesen, balais de sorcière.
Hochwald, haute-futaie (150-300 ans).

Hochwald (halbes) demi-futaie (80 à 150 ans).
Holzparenchyme, parenchyme ligneux.
Holzzelle, cellule ligneuse, fibre.
Hüllekelch, calicule.

K.

Keimblasche, vésicule embryonaire.
Keimkôrperche, vésicule embryonaire.
Keimlager, hypoblaste.
Keimorgane, organe embryonaire (d'un prothalle de Fougère).
Kelchblatt, sépale.
Kernholz, duramen.
Kernwarze, albumen.

Klebermehl, aleurone, gluten.
Knospengrund, chalaze.
Knospenhulle, enveloppes de nucelle.
Knospenkern, nucelle.
Knospenlage, préfoliation (pas toujours).
Knospeimund, micropyle.
Korkwarze, lenticelle.

L.

Laubholz, arbre feuillu (dicotylédone angiosperme).

Lederkork, périderme.
Lichtung, clairière, éclaircie.

M.

Maserbildung, madrure.
Mittelholz, bois de moyen-âge.
Mittelsaulche, columelle.

Mittelwald, haut-taillis, basse-futaie (40-75 ans), taillis sous futaie.

N.

Nabelschur, raphé.
Nagel, onglet.
Nahrungsgewebe, parenchyme.
Nebenknospe, bourgeon adventif.
Nebenwurzel, racine adventive.
Nebenwurzelknospe, bourgeon rhizogène adventif.
Netzformige gefasse, vaisseau réticulé.
Niederwald, taillis (1-36 ans).

O.

Oberhaut, épiderme.
Oberhautgewebe, tissu subéreux.
Oberstand, baliveau.

P.

Pfropfreis, greffe.
Porencanale, canal poreux.
Protoplasmakugel, sphère de protoplasme.

Q.

Querwand, diaphragme.

R.

Rostpilze, Urédinées, à l'exclusion des Ustilago.
Rothfaule, putréfaction humide du bois.

S.

Saftfade, paraphyse (Lichens).
Samentrager, placenta.
Samenkorper, spermatozoïde.
Samenmantel, arille.
Samenschale, spermoderme, test.
Samenschuppe, écaille séminifère (des Conifères).
Scheidenformig, subuliforme.
Schiefblattarten, Bégonias.
Schliessfruchte, achaine.
Schonung, fourré.
Schwarmfade, antherozoïde.
Schwarmspore, zoospore.
Sichelformig gebogene Samenknospe, ovule campylitrope.
Siebrohre, tube clathracé.
Spaltfrucht, fruit schizocarpien.
Spindel, rachis.
Splint, aubier.
Sporenlager (des Urédinées) cupule ou faux péridium.
Sporenschlauge, sporange.
Stammknospe, bourgeon caulinaire, plumule.
Stangelholz, perche
Staubbeutel, anthère.
Steinbeere, drupe.
Stengelglied, mérithalle.
Stickstoffschleim, protoplasma.
Stockausschlag, cépée de tige.

T.

Treppengefasse, vaisseaux scalariformes.
Tupfel, ponctuation.
Tupfelcanale, canal de la ponctuation.
Tupfelhof, oréole de la ponctuation.
Tupfelraum, méat de la ponctuation.
Tupfelte (ge) gefâsse, vaisseau ponctué.
Tupfelzelle, cellule ponctuée.

Table alphabétique des Matières.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

I.

L.

M.

N.

O.

P.

R.

S.

T

U.

V.

X.

Z.



Bruxelles, imp. F. Vromant, rue des Alexiens, 36.

Planche I.



H. Schacht ad nat. del. C. Laue lith.

Fig. 1-22. Abies pectinata (Sapin.) 23-38. Picea vulgaris (Epicéa.)



H. Schacht ad nat. del. C. Laue lith.

Fig. 1-22. Pinus silvestris (Pin.) 23-37. Larix europaea (Mélèze) 38-39. Araucaria brasiliensis (Sapin du Brésil.)

Planche III.

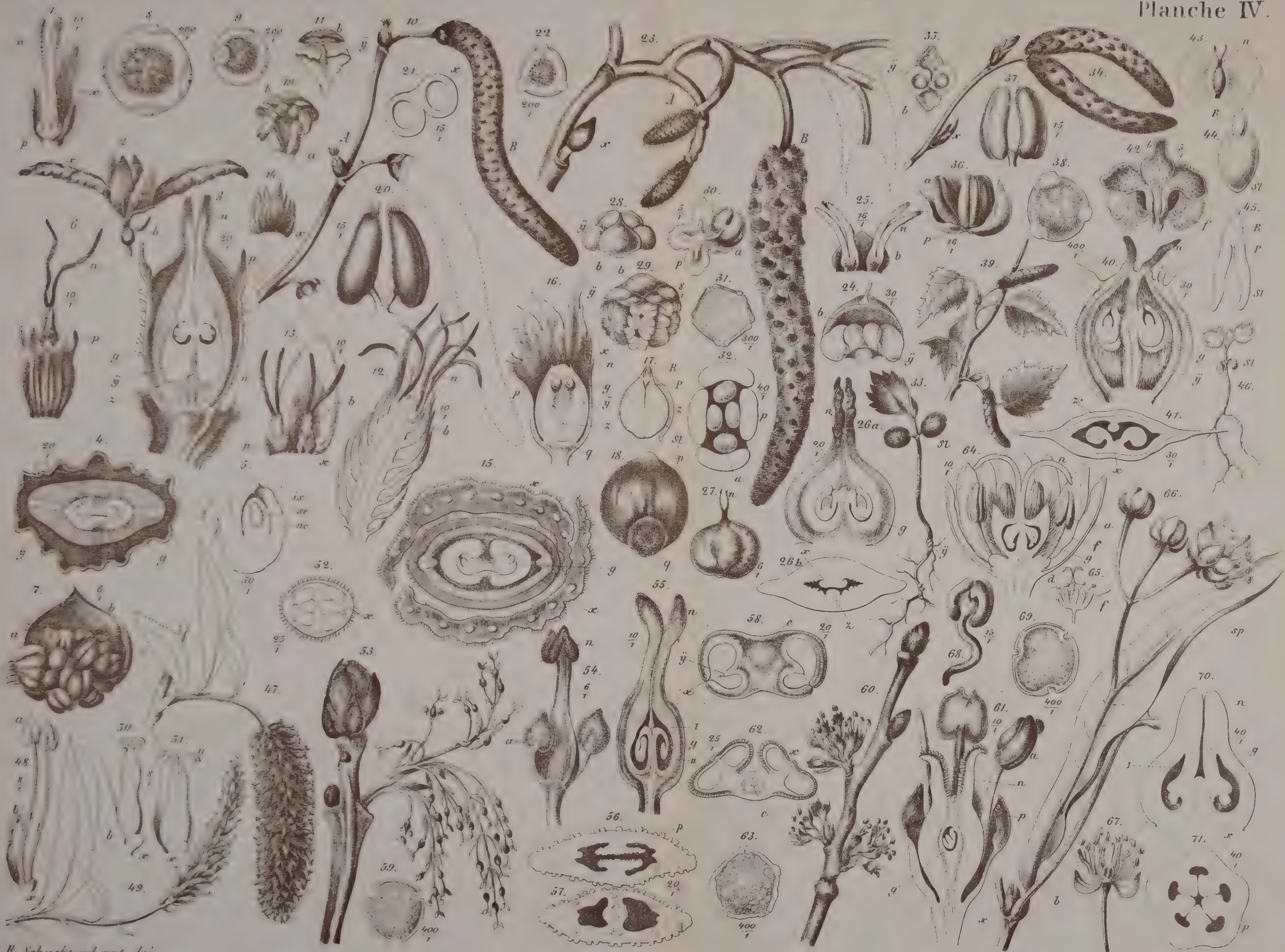


H. Schacht ad nat. del

C. Laue lith.

Fig. 1-19. Quercus pedunculata & sessiliflora (Chêne.) 20-40. Fagus silvatica (Hêtre.)

Planche IV.



H. Schacht ad nat. del.

C. Laue lith.

Fig. 1-9. Carpinus (Charme.) 10-22. Corylus (Coudrier.) 23-33. Alnus (Aulne) 34-46. Betula (Bouleau) 47-52. Salix (Saule.) 53-59. Fraxinus (Frêne.) 60-63. Ulmus (Orme.) 64-65. Acer (Erable.) 66-71. Tilia (Tilleul.)